



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

01149
125
FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERIA

Cd. Universitaria, D. F., a 28 de octubre de 1980

A: Dr. E. Chicurel
DE: Dr. Mihir Sen

Tema de Examen de Grado

Hacer un análisis unidimensional transitorio de un termosifón incluyendo un estudio bibliográfico y algún método numérico de solución con ejemplos de su uso.

Grado: Maestro en Ingeniería Mecánica

Alumno: Ing. Jorge Antonio Rojas Menéndez

Plazo máximo: 30 días naturales

Mihir Sen

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

500,107

ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO
TRANSITORIO DE UN TERMOSIFON

JORGE ANTONIO ROJAS MENÉNDEZ

Nov - 1980

RESUMEN

Con el objeto de estudiar el estado transitorio de un termo
sifón se establecen las ecuaciones de balance de masa, can-
tidad de movimiento y energía, en forma unidimensional. --
Las ecuaciones que resultan se resuelven utilizando un méto-
do numérico de diferencias finitas, presentándose dos ejem-
plos que muestran la influencia sobre el sistema termosifó-
nico de los parámetros típicos.

NOMENCLATURA

- A Area de la sección transversal del ducto.
- C Calor específico del fluido.
- D Diámetro del tubo.
- F Parámetro adimensional = $\frac{32 \alpha}{Re}$
- G Parámetro adimensional = $\frac{1}{\frac{\Delta\tau_{01}}{2} + \Delta\tau_{12} - \frac{\Delta\tau_{34}}{2}}$
- L Longitud total del termosifón.
- Q Flujo de calor, adimensional, definido en la ecuación (4.12).
- Q_1^+, Q_2^+ Suministro y extracción de calor a partir del instante del inicio, adimensional.
- Q_1^-, Q_2^- Suministro y extracción de calor anterior al tiempo inicial, adimensional.

Re	Número de Reynolds.
T	Temperatura del fluido.
T_A, T_B	Temperaturas en los puntos A y B (Modelo de Creveling, (8)).
T_n, T_m	Temperaturas medias.
ΔT_p	Diferencia de temperaturas entre los puntos 0 y 1, en estado permanente definida en la ec (4.7).
u	Velocidad adimensional del fluido, definida en la ec(4.8).
a, b	Subíndices de posición.
b	Factor de fricción.
g	Aceleración de la gravedad.
\bar{g}	Función definida en la ec (3.5).
$i, i+1$	Subíndices que refieren a diferentes instantes de tiempo.
$j, j-1$	Subíndices que refieren a diferentes posiciones.
k	Valor del subíndice j en el punto correspondiente a ζ_5 .
m	Valor del subíndice j en el punto correspondiente a ζ_3 .
\dot{m}_T	Flujo de masa teórico.
\dot{m}_E	Flujo de masa experimental.
n	Valor del subíndice j en la posición correspon-

	diente a ζ_2 .
p	Presión.
q	Flujo de calor por unidad de tiempo y longitud.
q_1, q_2	Suministro y extracción de calor respectivamente,
s	Coordenada longitudinal con el punto 0 como origen.
s_a	Coordenada del punto a.
Δs_{ab}	Definido como $s_a - s_b$.
t	Tiempo.
t_0	Tiempo inicial.
u	Velocidad longitudinal del fluido.
u_p	Velocidad en estado permanente, definida en la ec(4.5).
α	Parámetro geométrico = $\frac{L}{D}$
β	Coefficiente de expansión térmico.
η	Variable de integración utilizada en las ecs -- (4.3) y (4.4).
ζ	Coordenada longitudinal adimensional = $\frac{s}{L}$
$\Delta \zeta$	Definido como $\frac{\Delta s_{ab}}{L}$
ν	Viscosidad cinemática.
ρ	Densidad del fluido.
ρ_0	Densidad del fluido a la temperatura T_0 .
τ	Tiempo adimensional, definida en la ec(4.9).

Δt Incremento de tiempo adimensional.

θ Temperatura adimensional, definida en la ecuación (4.11).

1. INTRODUCCION

El estudio del comportamiento de un termosifón en estado -- transitorio es un tema por demás interesante pero a su vez -- complicado. Las ecuaciones que se obtienen, si se quiere -- seguir un procedimiento riguroso, presentan un grado de di- -- ficultad muy alto, las ecuaciones son no lineales y, en ge- -- neral, tridimensionales y soluciones analíticas aún aproxi- -- madas, son difícil de obtener. Por esta razón se ha optado -- en este trabajo por un modelo simplificado cuya solución -- servirá principalmente para dar una idea de las caracterís- -- ticas del flujo en las condiciones de interés.

Se presenta primero una breve revisión bibliográfica en la- -- cual se observa que son muy pocos los trabajos que van más- -- allá del estudio en estado permanente en los termosifones, -- lo cual no quiere decir que sean poco importantes, pero sí-

limitados.

Se hace además un análisis de un modelo propuesto con el --
fin de establecer las ecuaciones de balance de masa, canti-
dad de movimiento y energía. Finalmente se dan dos ejem---
plos de soluciones numéricas utilizando la técnica de dife-
rencias finitas. Las soluciones se muestran gráficamente -
con lo cual se puede observar la importancia de los paráme-
tros del sistema.

2. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Ya que toda investigación debe comenzar con una revisión bi
bliográfica, la cual servirá como punto de referencia y evi
tará la duplicación de esfuerzos, se presentan aquí como --
primera parte de este trabajo una discusión de los artícu--
los más importantes.

Se puede decir que son dos los temas principales que se tra
tan en estos artículos, uno se refiere a los calentadores -
de agua con colectores planos, y el otro dedica su atención
a la inestabilidad de los termosifones.

Calentadores con Colector Plano

Cuando se refiere a los calentadores de agua de placa plana
se observa que el estudio del rendimiento térmico es uno de

los aspectos que más interés ha despertado; así, tenemos -- que Gupta y Garg (1) en 1968 presentaron un trabajo en el -- cual desarrollaron un método para calcular la eficiencia -- tanto del colector como del sistema completo teniendo como -- base un modelo como el mostrado en la Fig 1.

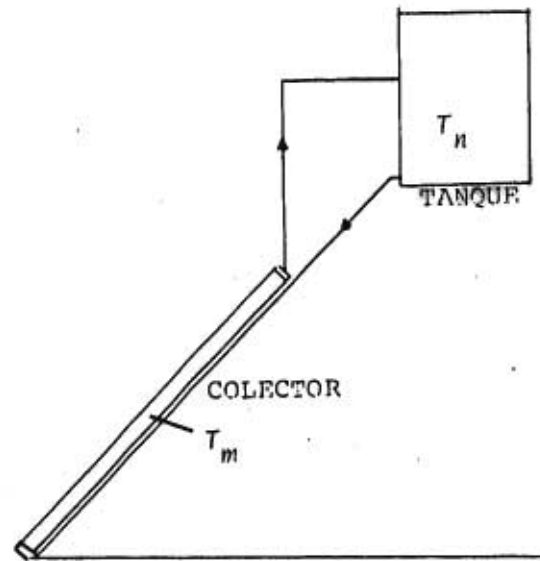


FIG 1

Por medio de un balance de energía, considerando una distribución de temperaturas lineal, determinaron la temperatura -- media suponiendo que ésta era igual en el colector (T_m) y en

el tanque (T_n). Los valores de la temperatura del aire y la intensidad de radiación los dieron por medio de un desarrollo en series de Fourier.

Balance de energía:

$$\text{Calor absorbido en el colector} = \text{Perdidas} + \text{Calor} \\ \text{debido a la radiación solar.} \quad \text{de calor} \quad \text{almacenado}$$

La rapidez de flujo de masa la obtuvieron a partir del hecho que la fuerzas de flotación y las de fricción en un termosifón son iguales en estado permanente. Una vez conocidas las temperaturas y la rapidez de flujo, las eficiencias son fácilmente determinadas para diferentes diseños, de la siguiente manera:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Calor almacenado}}{\text{Calor absorbido en el colector}}$$

Ong (2) en 1974 desarrolló un nuevo método para el cálculo de las eficiencias basándose en el modelo de Gupta y Garg -- (1), pero introduciendo algunas modificaciones tanto en la manera de calcular la eficiencia del colector como en el hecho que utilizó diferencias finitas. En las conclusiones de este trabajo el autor hizo notar que los valores cal----

culados con este método y los obtenidos experimentalmente - en algunos casos diferían considerablemente, atribuyendo esto a que se tomen iguales las temperaturas medias en el tanque y colector. Esto llevó al mismo Ong (3) en 1976 a presentar un método mejorado en el cual se tomaron en cuenta - las variaciones de temperatura en el tanque.

Dentro del mismo tema de los colectores de agua Zvirin et al. (4) 1977 hicieron un estudio teórico en un modelo cuyas características se indican en la Fig 2.

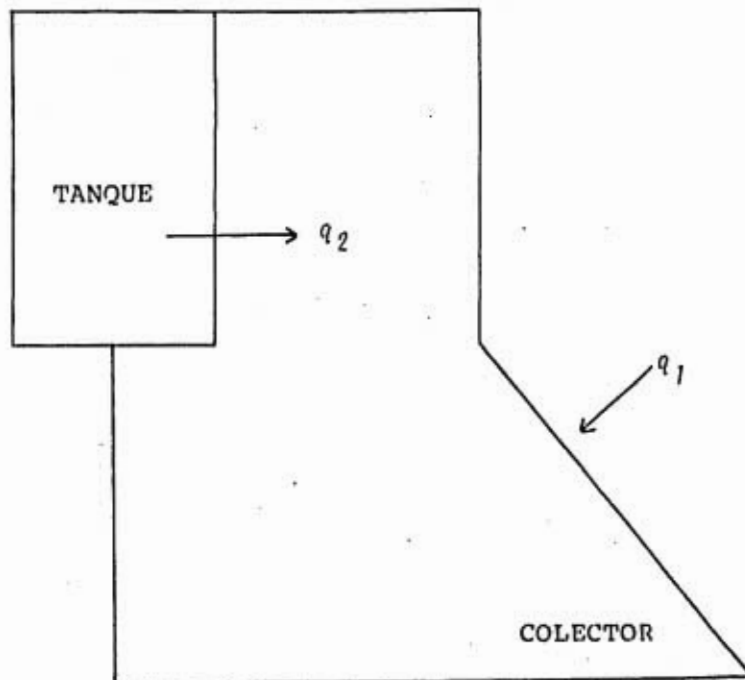


FIG 2

Utilizando las ecuaciones de balance de la cantidad de movimiento y de energía en estado permanente calcularon la distribución de temperaturas y la rapidez de flujo. Comparando estos valores con los que se obtienen suponiendo una distribución lineal de temperaturas en el tanque y en el colector, llegaron a la conclusión que esta suposición es válida para la mayoría de los casos.

En 1980 Morrison y Ranatunga (5) mediante el uso del anemómetro de laser obtuvieron valores experimentales de la velocidad de flujo en un termosifón y compararon estos valores con los obtenidos teóricamente. En la Fig 3 se observa que para números de Reynolds (Re) menores que 300 los valores teóricos del flujo (\dot{m}_T) llegan a ser menores que los valores experimentales (\dot{m}_E) hasta en un 20% y para el número de Reynolds mayor que 300 los valores teóricos son mayores a los experimentales en una proporción más notoria. Para tratar de reducir estas diferencias, los autores propusieron considerar en las ecuaciones de la cantidad de movimiento un término extra de fricción debido al flujo desarrollado, ya que la densidad ha sido calculada considerando un perfil de temperaturas radial en lugar de la temperatura media. En los resultados que obtuvieron teniendo en cuenta esta suposición, Fig 4, se observa que el error disminuye considerablemente para números de Reynolds mayores de 300, pero no sucede lo mismo para números de Reynolds menores de 300.

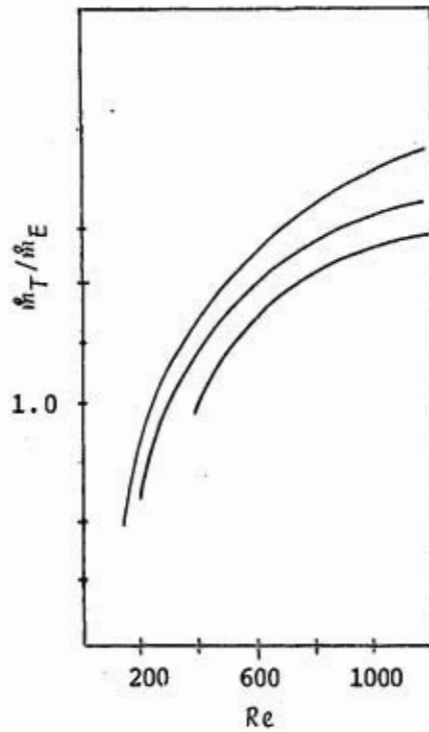


FIG 3

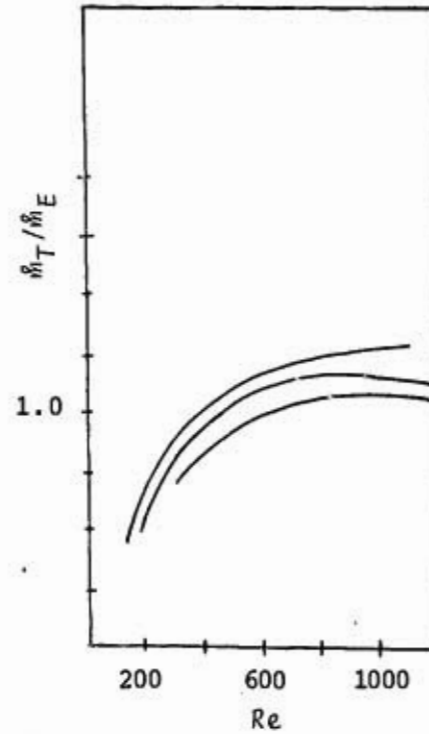


FIG 4

En este grupo de trabajos se puede observar como, a partir del modelo propuesto por Gupta y Garg (1), se discute sobre la validez de suposiciones tales como las temperaturas medias, factores de fricción y distribución de temperaturas -- entre otras, proponiéndose cambios que en la mayoría de los casos tienen como único fundamento el acercamiento a las observaciones experimentales. Sin embargo, es de esperarse -- que después de todas las mejoras propuestas por los diferentes autores los valores así calculados sean suficientemente representativos.

Inestabilidad del Termosión

Por otra parte, tenemos lo que se refiere a la inestabilidad de los termosifones, y así Keller (6) en 1966 utilizando un modelo unidimensional, basado en un sistema como el mostrado en la Fig 5, realizó un estudio analítico utilizando las

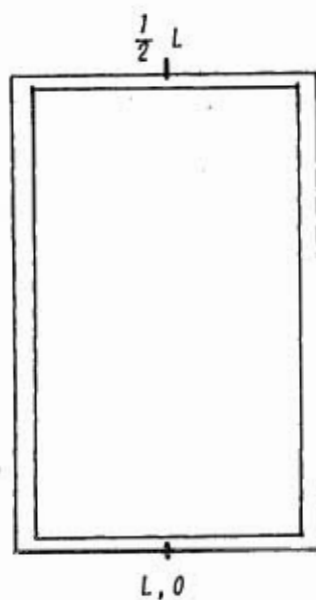


FIG 5

ecuaciones de balance, suponiendo que tanto el suministro como la extracción de calor se lleva a cabo en puntos colocados en la parte inferior y superior respectivamente.

Llegó a la conclusión que, bajo determinadas condiciones, el sistema era inestable; presentándose oscilaciones en la magnitud de la velocidad pero no en la dirección.

En 1967 Welander (7) presentó un trabajo similar al de Keller (6) para el cual utilizó un sistema como el de la Fig 6, donde los tubos fueron considerados completamente aislados, excepto en la parte superior e inferior en que las --

temperaturas de las paredes se tomaron como $-\Delta T$ y ΔT respectivamente. Empleando un método numérico encontró que el sistema era inestable y que en algunos casos se presentaban

oscilaciones cuya amplitud crecía hasta llegar a cambiar la dirección del flujo.

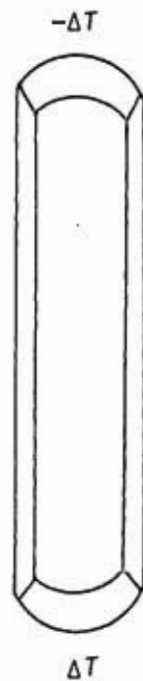


FIG 6

El interés por este tema fue creciendo y así se tiene que en 1975, Creveling et al. (8) presentaron resultados tanto experimentales como teóricos para demostrar la inestabilidad de este tipo de sistemas. El aparato utilizado en sus experimentos, Fig 7, se calentaba en la mitad inferior del círculo y se enfriaba en la mitad superior por medio de una chaqueta con agua. Para llevar

a cabo las mediciones colocaron termopares en las partes A y B.

La diferencia de temperaturas $T_B - T_A$ indicaba la dirección del flujo, siendo positiva para flujo contra las manecillas del reloj. Ellos encontraron que cuando el sistema-

era inestable la diferencia de temperaturas oscilaba con una amplitud que crecía. Cuando la amplitud era lo suficientemente grande el sentido del flujo podía cambiarse, Fig 8.

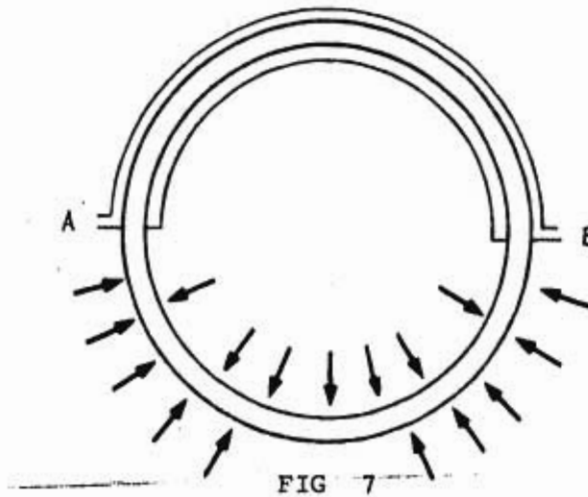


FIG 7

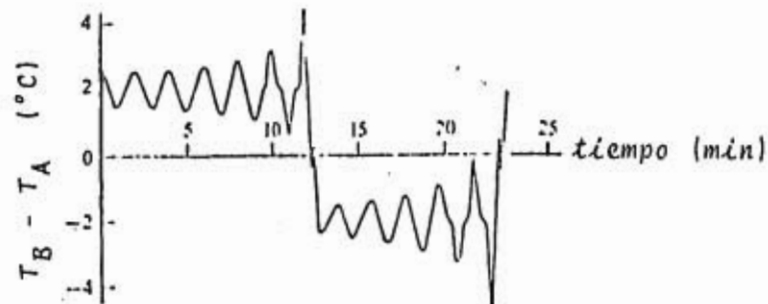


FIG 8

Aunque estos resultados coinciden con lo expresado por --- Welander (7), Creveling et al. (8) decidieron comprobar teóricamente sus resultados; en la tabla 1 se muestran los re-

resultados que obtuvieron por los dos métodos.

TABLA 1

Comportamiento del Sistema.	Intervalo de q , (watts/cm ²)	
	Experimental	Teórico
Estable	0 - 0.11	0 - 0.21
Inestable	0.11 - 0.70	0.21 - 0.65
Estable	> 0.70	> 0.65

Finalmente se tiene que Zvirin y Greif (9) en 1979 presentaron un trabajo, basado en el sistema propuesto por Welander(7), Fig 6, en el cual afirman que si se supone una distribución lineal de temperaturas a lo largo de los brazos - el sistema siempre se comporta en forma estable.

La calidad de los trabajos de Kellar (6) y Welander (7) parece ser indiscutible, sin embargo el hecho de suponer puntuales tanto la fuente como la extracción de calor les hace perder su generalidad. Algo similar sucede con Creveling - et al. (8) ya que el modelo utilizado en sus experimentos - resulta estar un poco fuera de lo común.

En lo que se refiere al trabajo de Zvirin y Greif (9) es im

portante señalar que la suposición que utilizan para la distribución de temperaturas parece no estar justificado.

Comportamiento Transitorio

Por otra parte se tiene un trabajo que no se puede incluir en ninguno de los dos grupos mencionados, sin embargo es el que se encuentra más estrechamente relacionado con el tema que aquí se estudia.

Este trabajo fué presentado por Morrison y Ranatunga (10) - en enero de 1980, se refiere a la respuesta transitoria de un calentador solar con termosifón y en su desarrollo se -- presentan tanto resultados teóricos como experimentales.

Las mediciones se llevaron a cabo con un anemómetro de laser y fueron comparados con los valores obtenidos numéricamente a partir de las ecuaciones de energía y cantidad de movimiento, observándose semejanza entre el comportamiento descrito por ambos métodos, en la figura 9 se muestran los resultados que obtuvieron.

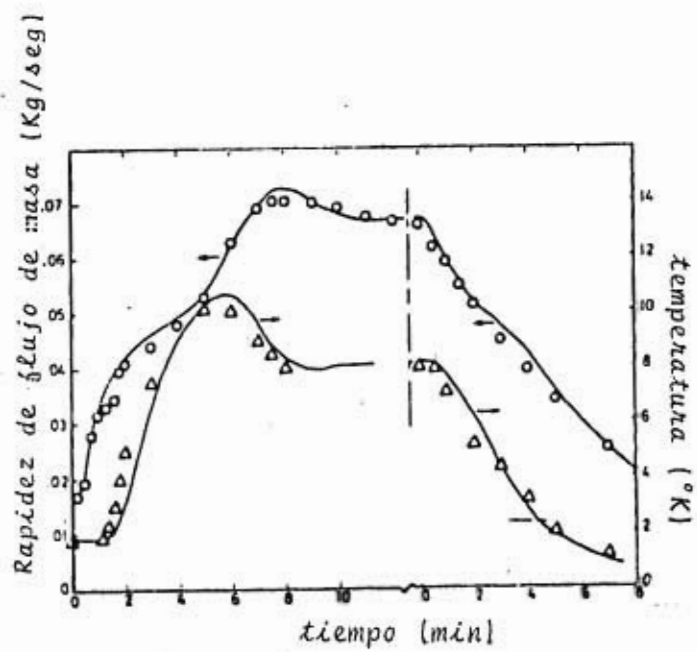


FIG 9. Valores de rapidez de flujo de masa e incrementos de temperatura. \circ , Δ experimentales; — teóricos.

3. ECUACIONES DE MOVIMIENTO QUE GOBIERNAN EL COMPORTAMIENTO DEL TERMOSIFON

El flujo del fluido en el termosifón es por convección natural. Debido a los cambios de densidad causados por diferencias de temperatura, se crea una fuerza de flotación, la cual se equilibria con las fuerzas de fricción en el estado permanente. Si la fuerza de flotación es alterada, se produce un cambio en la velocidad hasta llegar nuevamente a un estado permanente.

El diseño mostrado en la Fig 10 servirá como base para el desarrollo de este trabajo. Se tiene un sistema coordinado a lo largo del termosifón, con el origen en la esquina inferior izquierda y el sentido positivo como se indica en la figura.

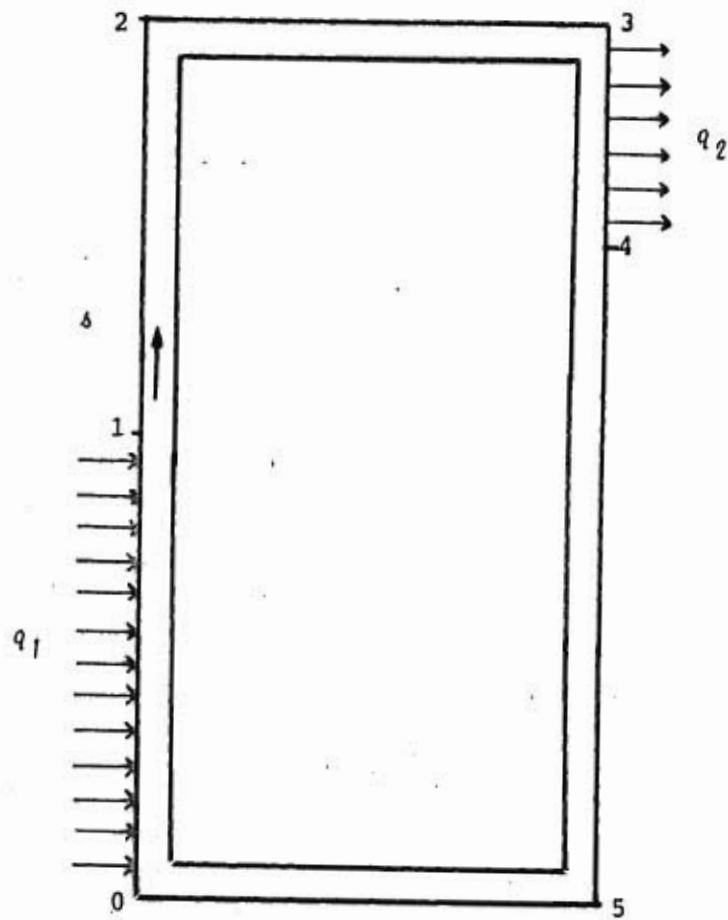


FIG 10

El diámetro del tubo se considera constante a lo largo de todas las secciones. El suministro de calor q_1 y la extracción q_2 se tienen en las secciones s_0 a s_1 y s_3 a s_4 respectivamente, donde q_1 y q_2 es la energía por unidad de tiempo y longitud. Las secciones restantes se consideran adiabáticas.

En el estado permanente se debe cumplir que:

$$q_1 \Delta s_{01} = q_2 \Delta s_{34}$$

Se hacen las siguientes suposiciones:

- i) De acuerdo con la aproximación de Boussinesq se toman como constantes todas las propiedades del fluido, excepto la densidad en los términos de las fuerzas de flotación, donde se toma la aproximación lineal:

$$\rho = \rho_0 \left[1 - \beta (T - T_0) \right] \quad (3.1)$$

- ii) Se desprecia la conducción de calor axial.
- iii) La resistencia viscosa se considera mediante el factor de fricción f .

Con estas aproximaciones las ecuaciones de balance de masa, cantidad de movimiento y energía se establecen para un modelo matemático unidimensional.

Balance de masa:

$$u = u(t) \quad (3.2)$$

Balance de cantidad de movimiento:

$$\rho_0 \frac{du}{dt} = - \frac{dp}{ds} + \rho \tilde{g}(s) - \frac{\delta \rho_0}{2D} u^2 \quad (3.3)$$

Balance de energía:

$$q = \rho_0 C A \left(\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial s} \right) \quad (3.4)$$

donde

$$\tilde{g}(s) = \begin{cases} -g & s_0 < s < s_2 \\ g & s_3 < s < s_5 \\ 0 & \text{en el resto} \end{cases} \quad (3.5)$$

La ecuación (3.3) se integra en el circuito cerrado para -- eliminar el término de presión ya que $s = 0$ y $s = L$ refieren al mismo punto del termosifón:

$$\rho_0 L \frac{du}{dt} = \int_0^L \tilde{g}(s) \rho ds - \frac{\delta \rho_0 L}{2D} u^2 \quad (3.6)$$

Sustituyendo las ecuaciones (3.1) y (3.5) en (3.6) se tiene:

$$\rho_0 L \frac{du}{dt} = \rho_0 g \beta \left(\int_{\delta_0}^{\delta_2} (T - T_0) d\delta - \int_{\delta_3}^{\delta_5} (T - T_0) d\delta \right) - \frac{f \rho_0 L}{2D} u^2 \quad (3.7)$$

Suponiendo que el factor de fricción f corresponde al flujo de Poiseuille laminar, se tiene:

$$f = \frac{64 \nu}{u D} \quad (3.8)$$

Sustituyendo la ecuación (3.8) en (3.7) se tiene:

$$L \frac{du}{dt} = g\beta \left(\int_{\delta_0}^{\delta_2} (T - T_0) d\delta - \int_{\delta_3}^{\delta_5} (T - T_0) d\delta \right) - \frac{32\nu L}{D^2} u \quad (3.9)$$

Las ecuaciones de balance de la cantidad de movimiento --- (3.9) y de la energía (3.4) están acopladas por lo cual deben resolverse conjuntamente.

4. ADIMENSIONALIZACION DE LAS ECUACIONES

Las ecuaciones (3.4) y (3.9) serán adimensionalizadas de tal manera que sea más sencilla su manipulación, así como para presentar soluciones más generales. Se obtendrá en primer lugar la solución del sistema en estado permanente, ya que estos resultados serán usados para adimensionalizar las ecuaciones.

En estado permanente las ecuaciones toman la siguiente forma:

$$\frac{32 \nu L}{D^2} u_p = B \int_0^l \tilde{g}(s) t(s) ds \quad (4.1)$$

$$q = \rho_0 c A u_p \frac{dT}{ds} \quad (4.2)$$

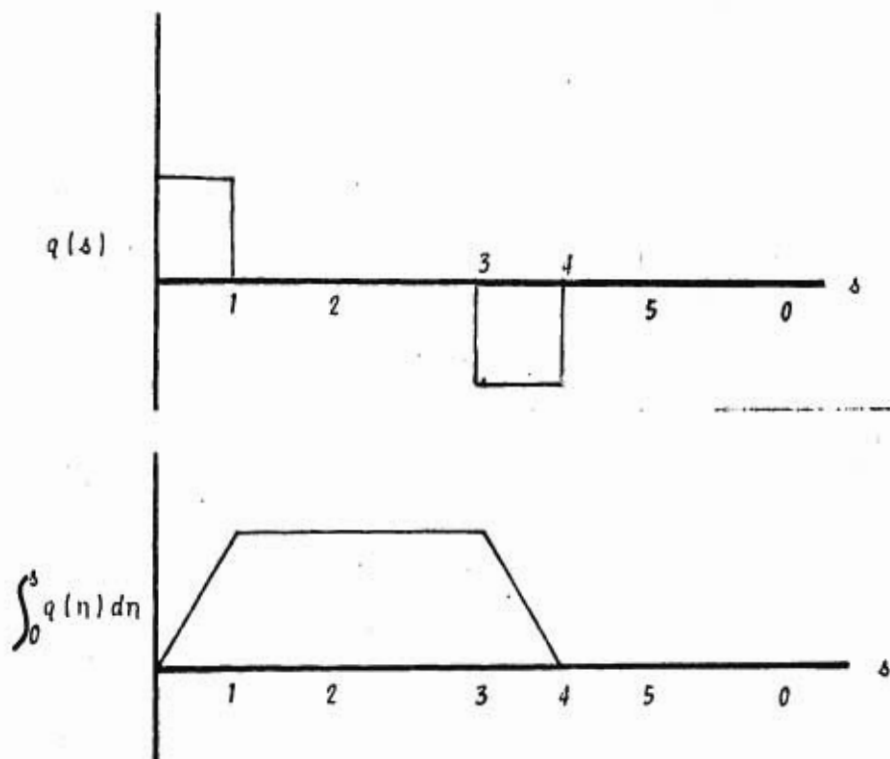
integrando (4.2),

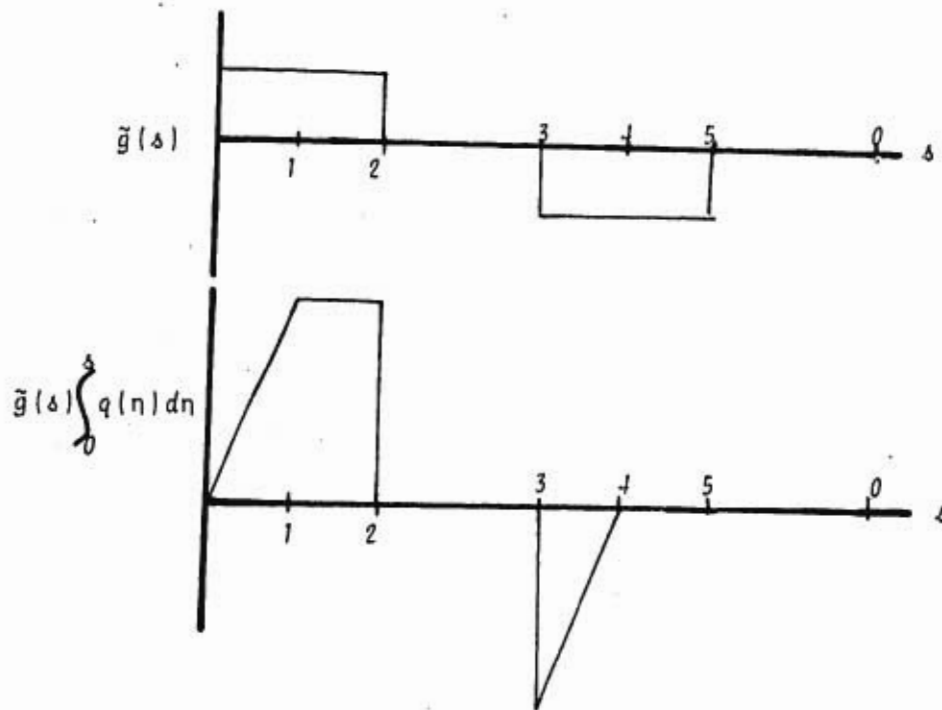
$$T(s) = \frac{1}{\rho_0 c A u_p} \int_0^s q(n) dn \quad (4.3)$$

sustituyendo (4.3) en (4.1) y despejando u_p se tiene:

$$u_p^2 = \frac{\beta D^2}{32 \nu L \rho_0 c A} \int_0^L g(s) \left(\int_0^s q(n) dn \right) ds \quad (4.4)$$

Los diagramas que se presentan a continuación serán usados para resolver la ecuación (4.4)





de donde la velocidad en estado permanente estará dada por:

$$u_p^2 = \frac{g B D^2 q_1 \Delta\delta_{01}}{32 \nu L \rho_0 C A} \left(\frac{\Delta\delta_{01}}{2} + \Delta\delta_{12} - \frac{\Delta\delta_{34}}{2} \right)$$

$$u_p = \left[\frac{g B D^2 q_1 \Delta\delta_{01}}{32 \nu L \rho_0 C A} \left(\frac{\Delta\delta_{01}}{2} + \Delta\delta_{12} - \frac{\Delta\delta_{34}}{2} \right) \right]^{1/2} \quad (4.5)$$

La diferencia de temperatura entre los puntos 0 y 1 es:

$$T_1 - T_0 = \Delta T_p = \frac{q_1 \Delta s_{01}}{\rho_0 C A u_p} \quad (4.6)$$

sustituyendo (4.5) en (4.6)

$$\Delta T_p = \left[\frac{32 q_1 \Delta s_{01} v L}{\beta D^2 g \rho_0 C A \left(\frac{\Delta s_{01}}{2} + \Delta s_{12} - \frac{\Delta s_{34}}{2} \right)} \right]^{1/2} \quad (4.7)$$

Teniendo en cuenta esto, las variables adimensionales quedan expresadas de la siguiente manera:

$$\text{Velocidad} \quad u = \frac{u}{u_p} \quad (4.8)$$

$$\text{Tiempo} \quad \tau = \frac{32 v (t-t_0)}{D^2} \quad (4.9)$$

$$\text{Distancia} \quad \zeta = \frac{\delta}{L} \quad (4.10)$$

$$\text{Temperatura} \quad \theta = \frac{T - T_0}{\Delta T_p} \quad (4.11)$$

$$\text{Flujo de calor} \quad Q = \frac{q L}{q_1 (\Delta s_{01})} \quad (4.12)$$

Sustituyendo de (4.8) a (4.12) en (3.9) y (3.4) se tiene:

$$\frac{dU}{d\tau} = G \left(\int_0^{\zeta_2} \theta d\zeta - \int_{\zeta_3}^{\zeta_5} \theta d\zeta \right) - U \quad (4.13)$$

$$\text{donde } G = \frac{1}{\frac{\Delta\zeta_{01}}{2} + \Delta\zeta_{12} - \frac{\Delta\zeta_{34}}{2}}$$

$$Q = \frac{32 \nu L}{D^2 u_p} \frac{\partial \theta}{\partial \tau} + U \frac{\partial \theta}{\partial \zeta} \quad (4.14)$$

Se define el número de Reynolds como:

$$Re = \frac{u_p D}{\nu}$$

y el parámetro geométrico

$$\alpha = \frac{L}{D}$$

La ecuación (4.14) se puede expresar de la siguiente manera:

$$Q = F \frac{\partial \theta}{\partial \tau} + U \frac{\partial \theta}{\partial \zeta} \quad (4.15)$$

donde $F = \frac{32 \alpha}{Re}$

Las ecuaciones en forma adimensional de la cantidad de movimiento (4.13) y de la energía (4.15) serán resueltas numéricamente bajo diferentes condiciones de operación.

5. ANALISIS NUMERICO

En este capítulo se presenta la metodología seguida para re solver las ecuaciones (4.13) y (4.15) en forma numérica, -- utilizando para ello dos ejemplos particulares.

Arranque del Termosifón

Se considera que el sistema de la Fig 10, se encuentra originalmente en reposo y a partir de un tiempo determinado - (t_0) se suministra un flujo de calor constante (Q_1^+) en la sección $\Delta\zeta_{01}$, y se extrae calor (Q_2^+) en la sección $\Delta\zeta_{34}$, - de tal manera que se cumpla la siguiente igualdad

$$Q_1^+ \Delta\zeta_{01} = Q_2^+ \Delta\zeta_{34}$$

queriéndose encontrar, a partir de la solución numérica, - las curvas de comportamiento de velocidad hasta llegar al estado permanente.

El método numérico que se utiliza es el de diferencias finitas, siguiendo un procedimiento explícito, esto es, para determinar el valor de una variable en un instante, se utilizan todos los valores conocidos en el instante anterior. Teniendo en cuenta esto las ecuaciones (4.13) y (4.15) toman la siguiente forma:

$$\frac{u_{i+1} - u_i}{\Delta \tau} = G \left(\int_0^{\xi_2} \theta d\zeta - \int_{\xi_3}^{\xi_5} \theta d\zeta \right)_i - u_i \quad (5.1)$$

$$\frac{\theta_{i+1,j} - \theta_{i,j}}{\Delta \tau} = \frac{1}{F} \left(Q(\zeta) - u_i \frac{\theta_{i,j} - \theta_{i,j-1}}{\Delta \zeta} \right) \quad (5.2)$$

donde los subíndices $i, i+1$ indican diferentes instantes de tiempo, y los subíndices $j, j-1$ refieren a diferentes posiciones.

En la derivada con respecto a ζ se tomaron pasos hacia --- atrás debido a las condiciones del problema.

Las integrales de la ecuación (5.1) serán resueltas mediante el método del trapecio, quedando de la siguiente manera:

$$\int_0^{\zeta_2} \theta d\zeta = \frac{1}{2} (\theta_{i,1} + \theta_{i,n} + 2 \sum_{j=2}^n \theta_{i,j}) \quad (5.3a)$$

donde j toma valores desde 1 (que es el origen), hasta n (punto correspondiente a ζ_2).

$$\int_{\zeta_3}^{\zeta_5} \theta d\zeta = \frac{1}{2} (\theta_{i,m} + \theta_{i,k} + 2 \sum_{j=m+1}^{k-1} \theta_{i,j}) \quad (5.3b)$$

donde j toma valores desde m (punto correspondiente a ζ_3), hasta k (punto correspondiente a ζ_5).

La ecuación que se obtiene al sustituir (5.3) en (5.1) junto con (5.2) forman el algoritmo que será resuelto mediante el uso de la computadora de la siguiente manera:

- i) Indicar las dimensiones geométricas de las diferentes secciones que forman el termosifón (adimensionalizadas), y dar el valor de la constante F . Para poder visualizar el efecto de las dimensiones en la solución se presentan dos conjuntos de datos:

$$a) \quad \Delta\zeta_{01} = \Delta\zeta_{12} = \Delta\zeta_{34} = \Delta\zeta_{45} = 0.125$$

$$\Delta\zeta_{23} = \Delta\zeta_{50} = 0.250$$

$$\begin{aligned}
 \text{b) } \Delta\zeta_{01} &= \Delta\zeta_{45} = 0.20 \\
 \Delta\zeta_{12} &= \Delta\zeta_{34} = 0.05 \\
 \Delta\zeta_{23} &= \Delta\zeta_{50} = 0.25
 \end{aligned}$$

y para cada conjunto de datos se utilizan los siguientes valores de F :

$$F = 1.0, 2.0, 4.0, 8.0$$

ii) Determinar las condiciones iniciales, siendo en este ejemplo las siguientes:

$$\text{para } \tau=0 \quad Q_1 = Q_2 = 0, \quad u = 0, \quad \theta = 0 \quad \text{para toda } \zeta$$

$$\text{para } \tau>0 \quad Q_1 = Q_1^+, \quad Q_2 = Q_2^+$$

$$\text{donde } Q_1^+ \Delta\zeta_{01} = Q_2^+ \Delta\zeta_{34}$$

iii) Calcular el valor de la velocidad en el instante $i+1$, a partir de la ecuación que resulta de sustituir (5.3) en (5.1)

$$u_{i+1} = u_i + \frac{G \Delta\tau}{2} \left[(\theta_{i,1} + \theta_{i,n}) + 2 \sum_{j=1}^{n-1} \theta_{i,j} + (\theta_{i,m} + \theta_{i,k}) + \right.$$

$$\left. 2 \sum_{j=m+1}^{k-1} \theta_{i,j} \right] - \Delta\tau u_i \quad (5.4)$$

- iv) Calcular el perfil de temperaturas en el instante ---
 $i+1$, usando la ecuación (5.2)

$$\theta_{i+1,j} = \theta_{i,j} + \frac{\Delta\tau}{F} (Q_j - u_i \frac{\theta_{i,j} - \theta_{i,j-1}}{\Delta\zeta}) \quad (5.5)$$

- v) Repetir los pasos (iii) y (iv) para calcular la velo-
 cidad y el perfil de temperaturas en pasos de tiempo-
 subsecuentes.

Este procedimiento se puede seguir hasta el punto que se desee, ya que para valores grandes de la constante F es posible obtener, en un tiempo de máquina relativamente corto, una velocidad muy próxima a la del estado permanente; sin embargo para valores de F pequeños no sucede lo mismo.

Las soluciones obtenidas para estos dos conjuntos de datos se muestran en las Figs 11a - 14a y 15a - 18a, así como algunos de los perfiles de temperaturas, Figs 11b - 14b y -- 15b - 18b. El programa de computadora utilizado se presenta en el apéndice.

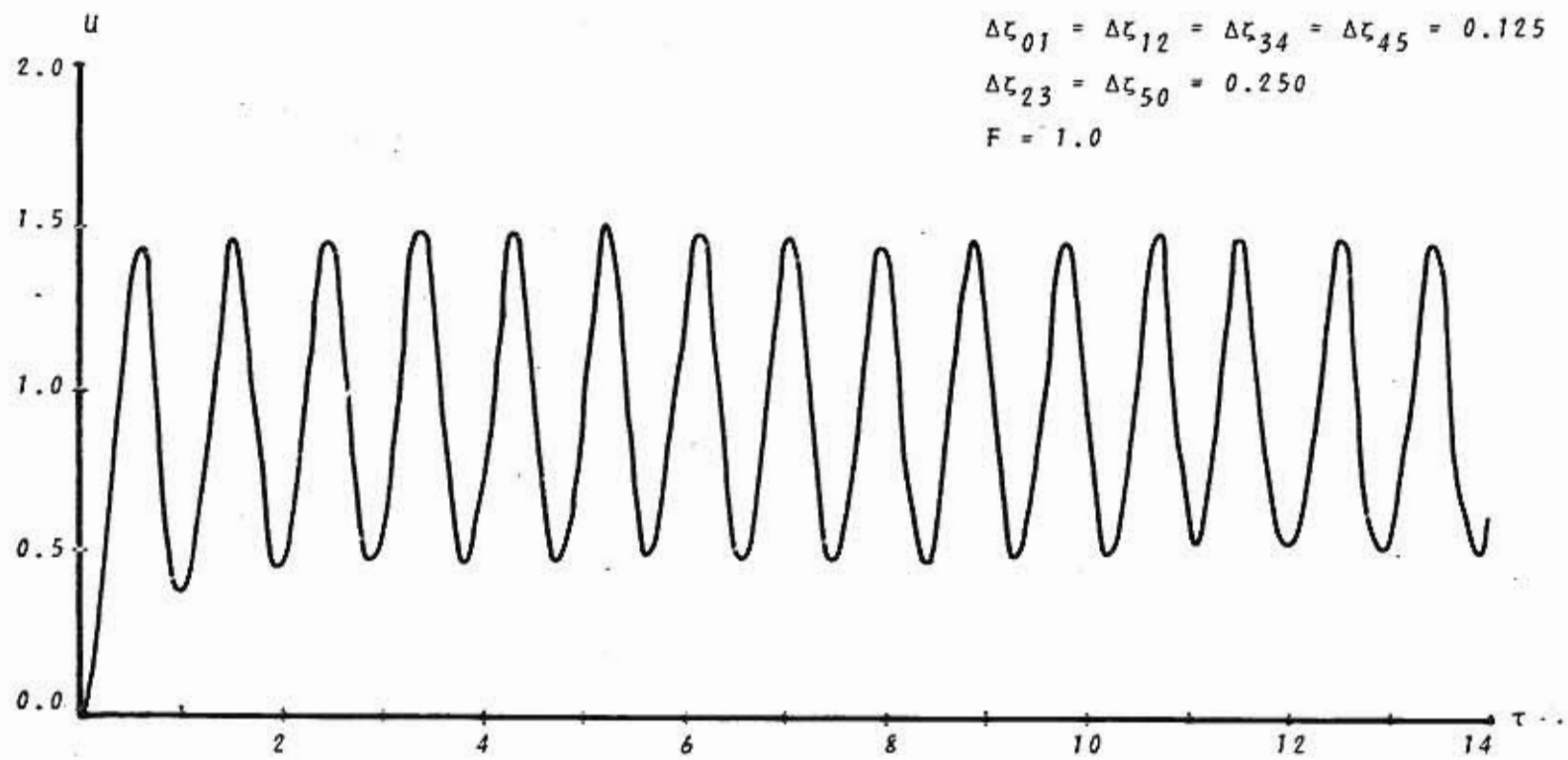
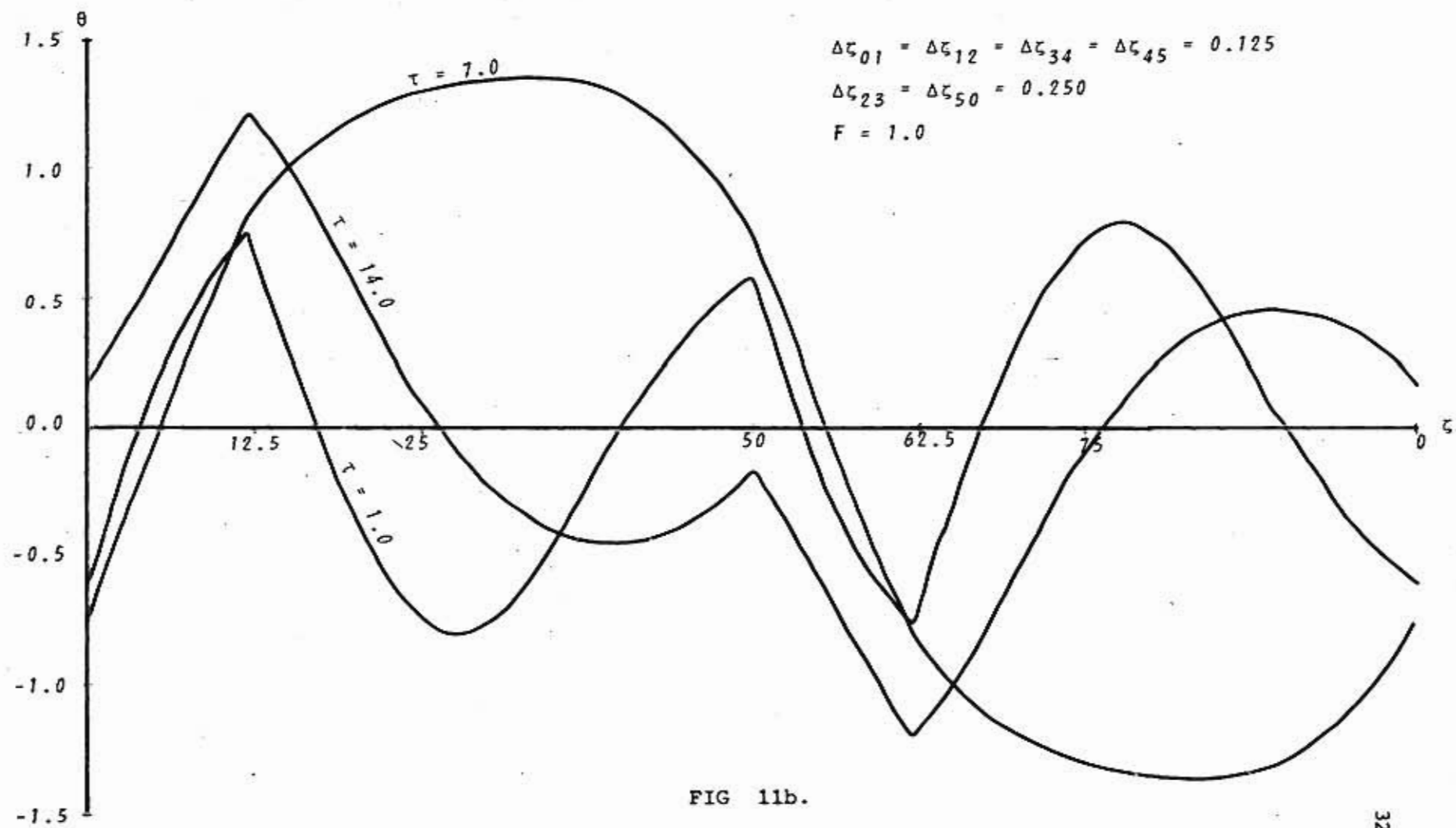


FIG 11a.



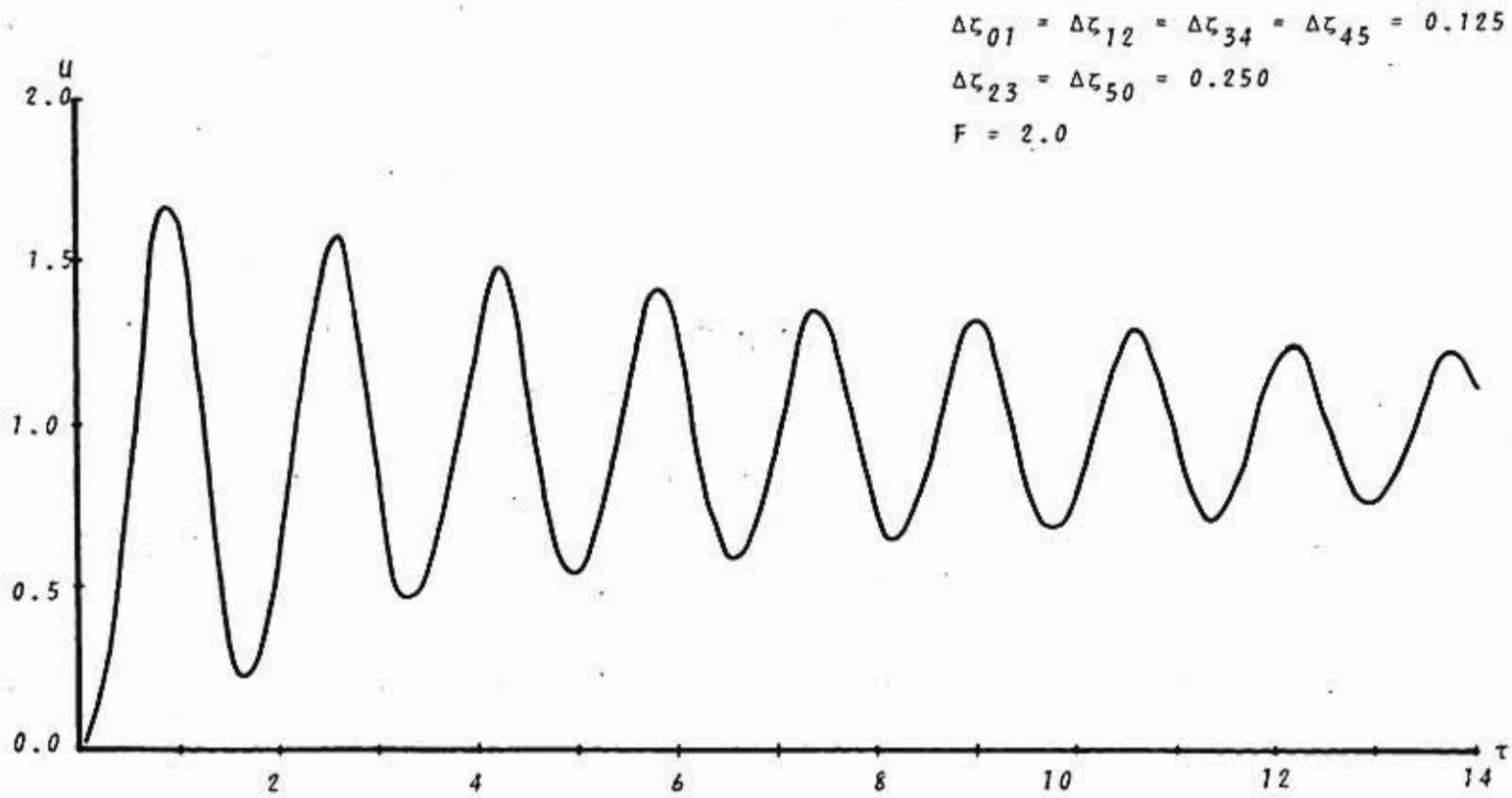


FIG 12a.

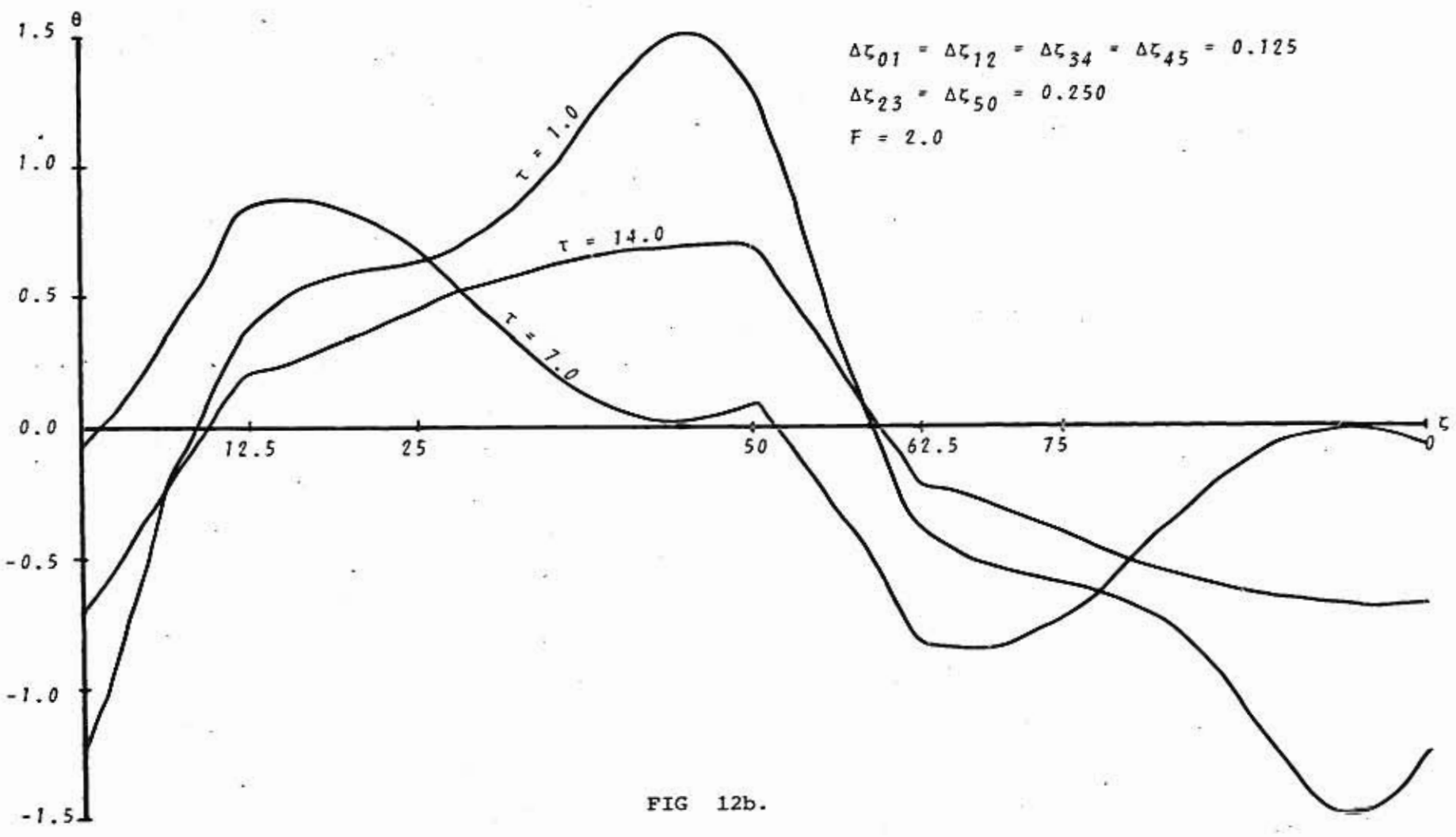


FIG 12b.

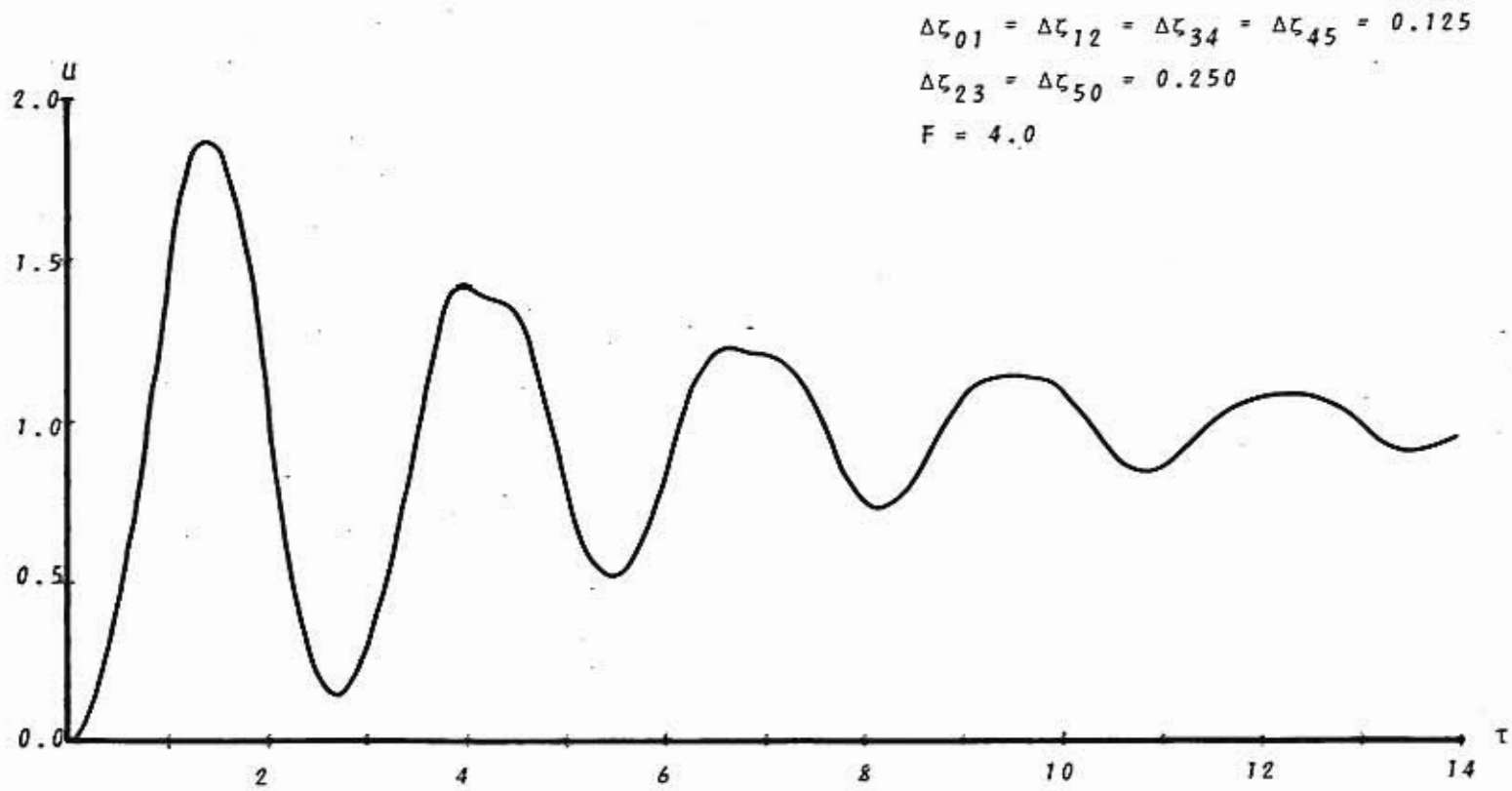


FIG 13a.

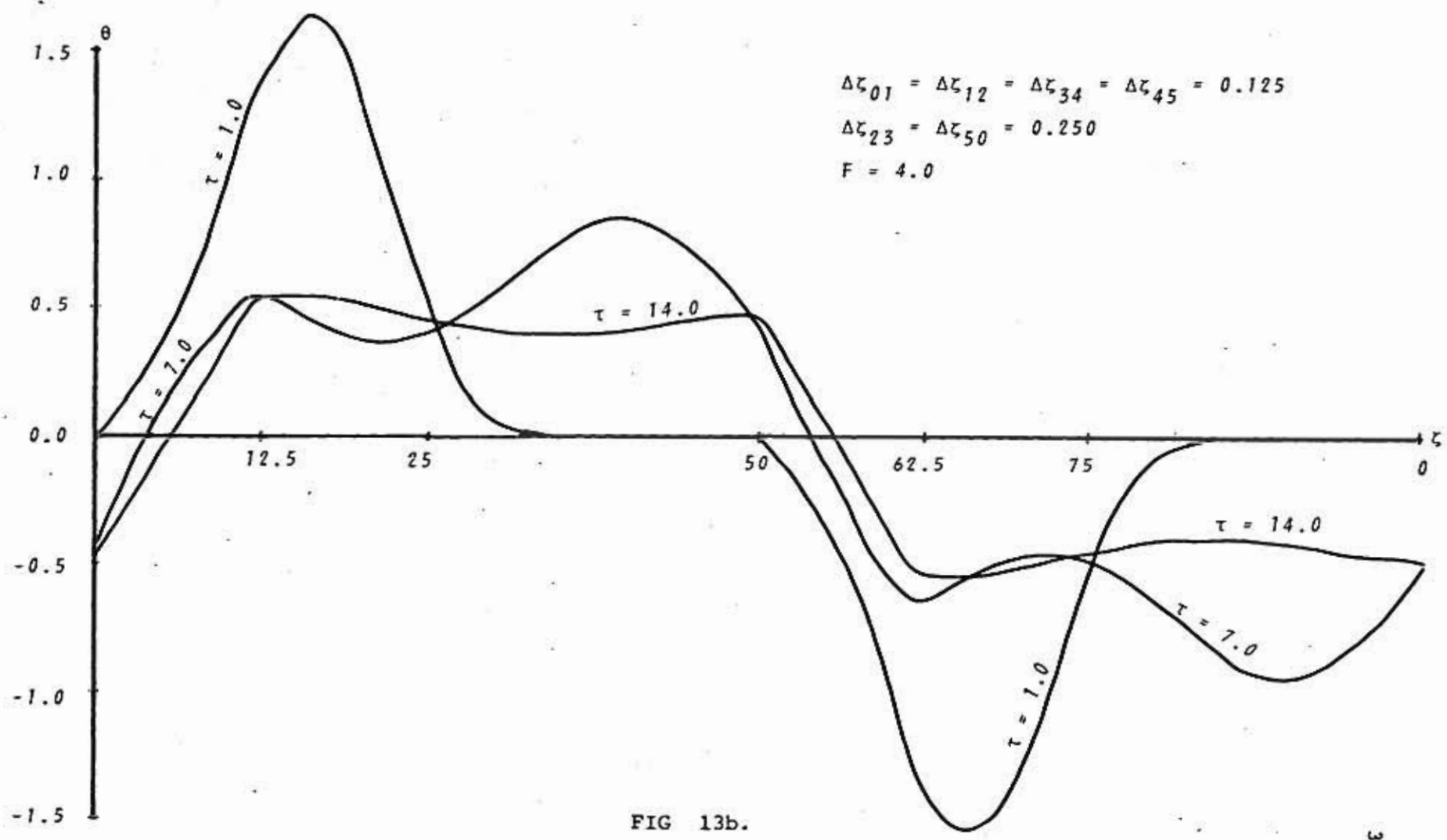


FIG 13b.

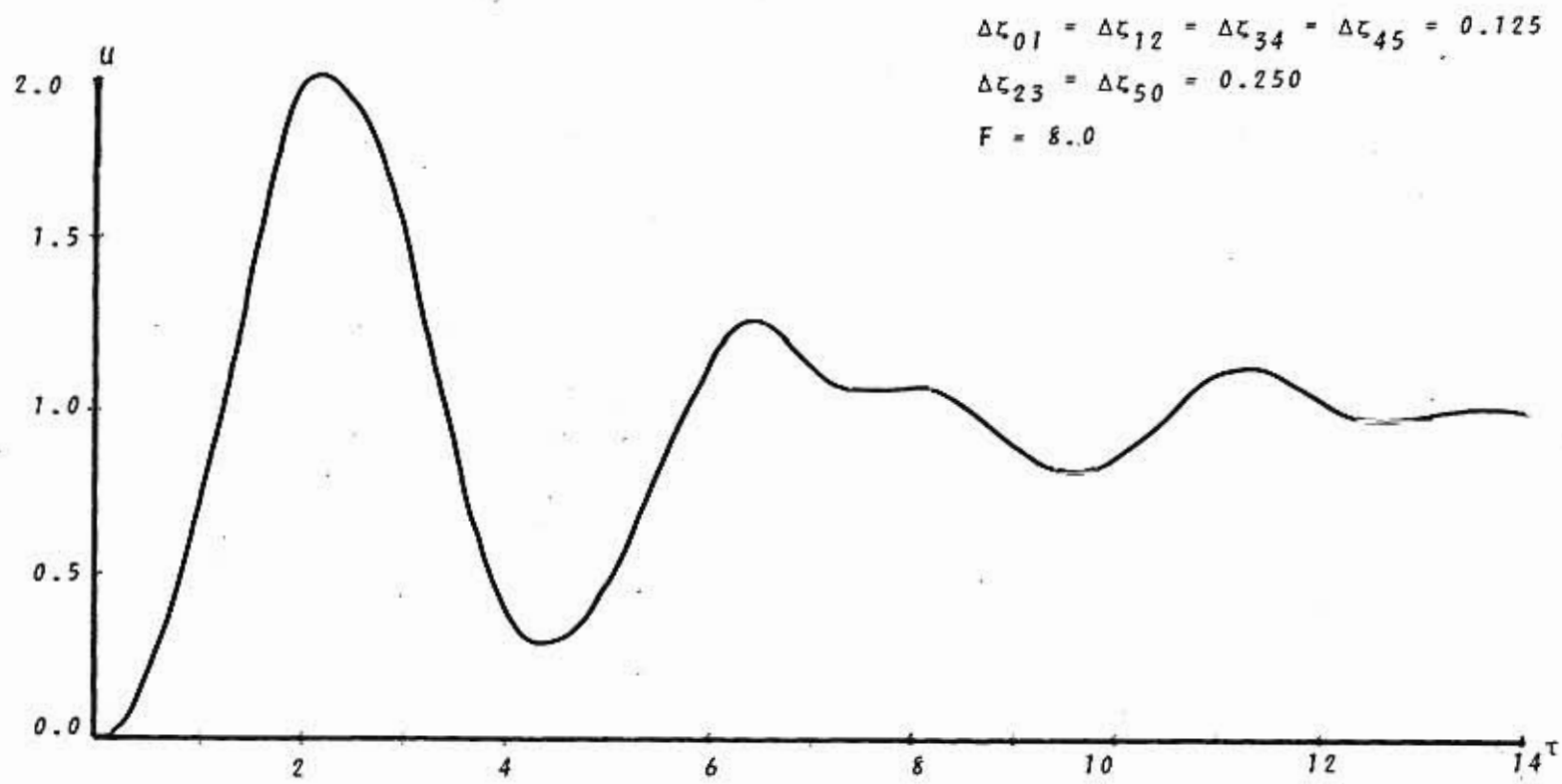
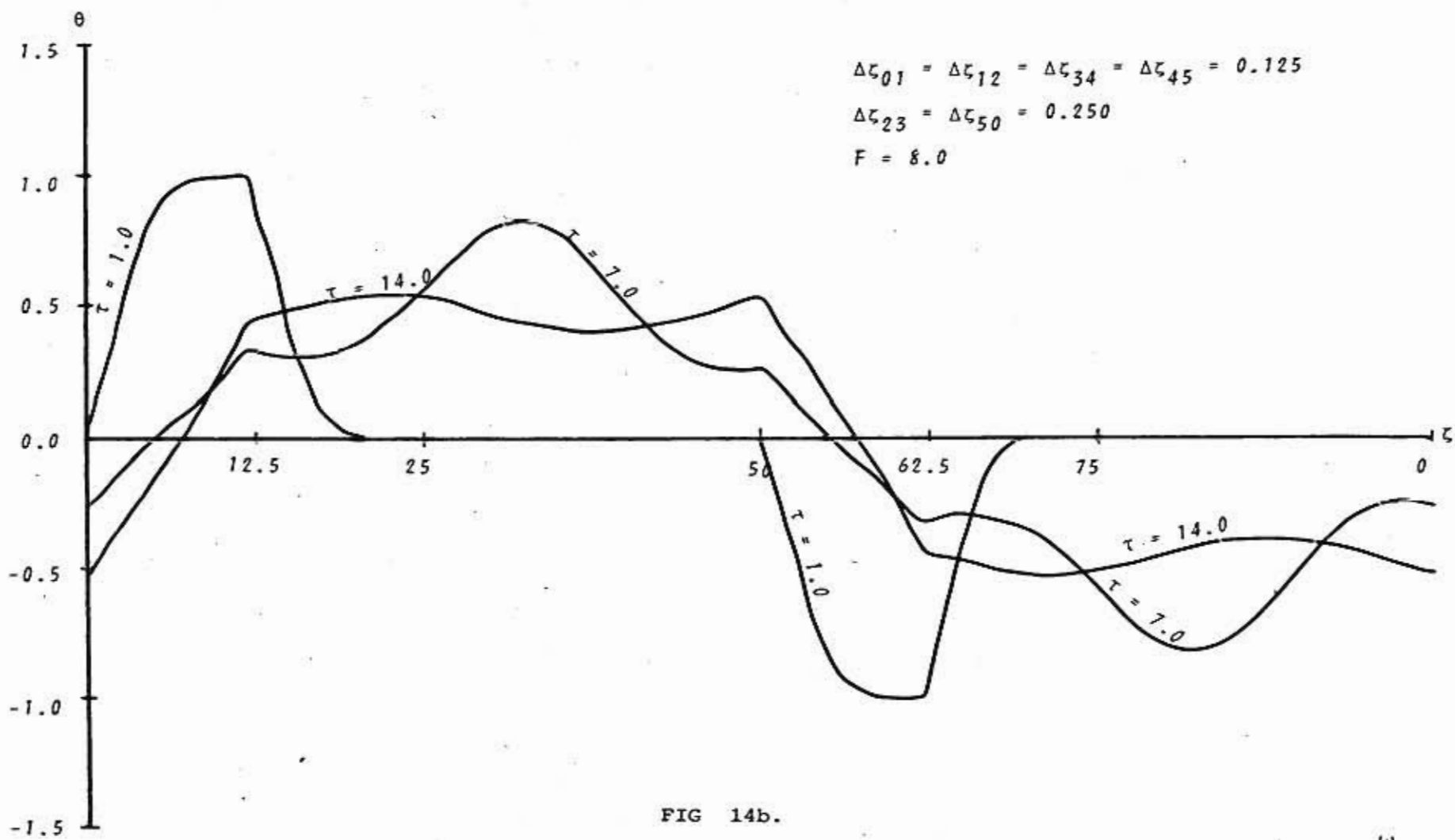


FIG 14a.



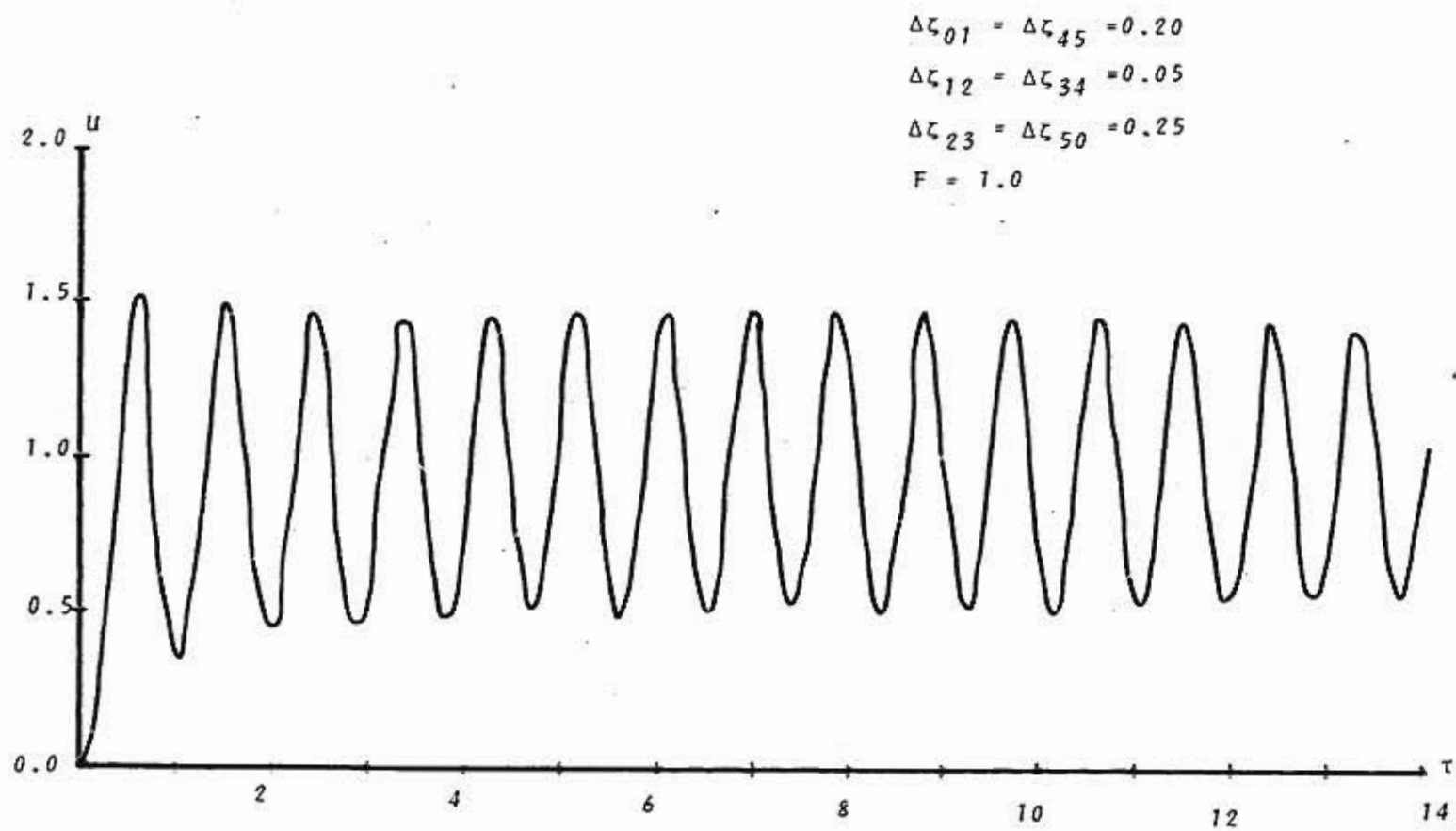
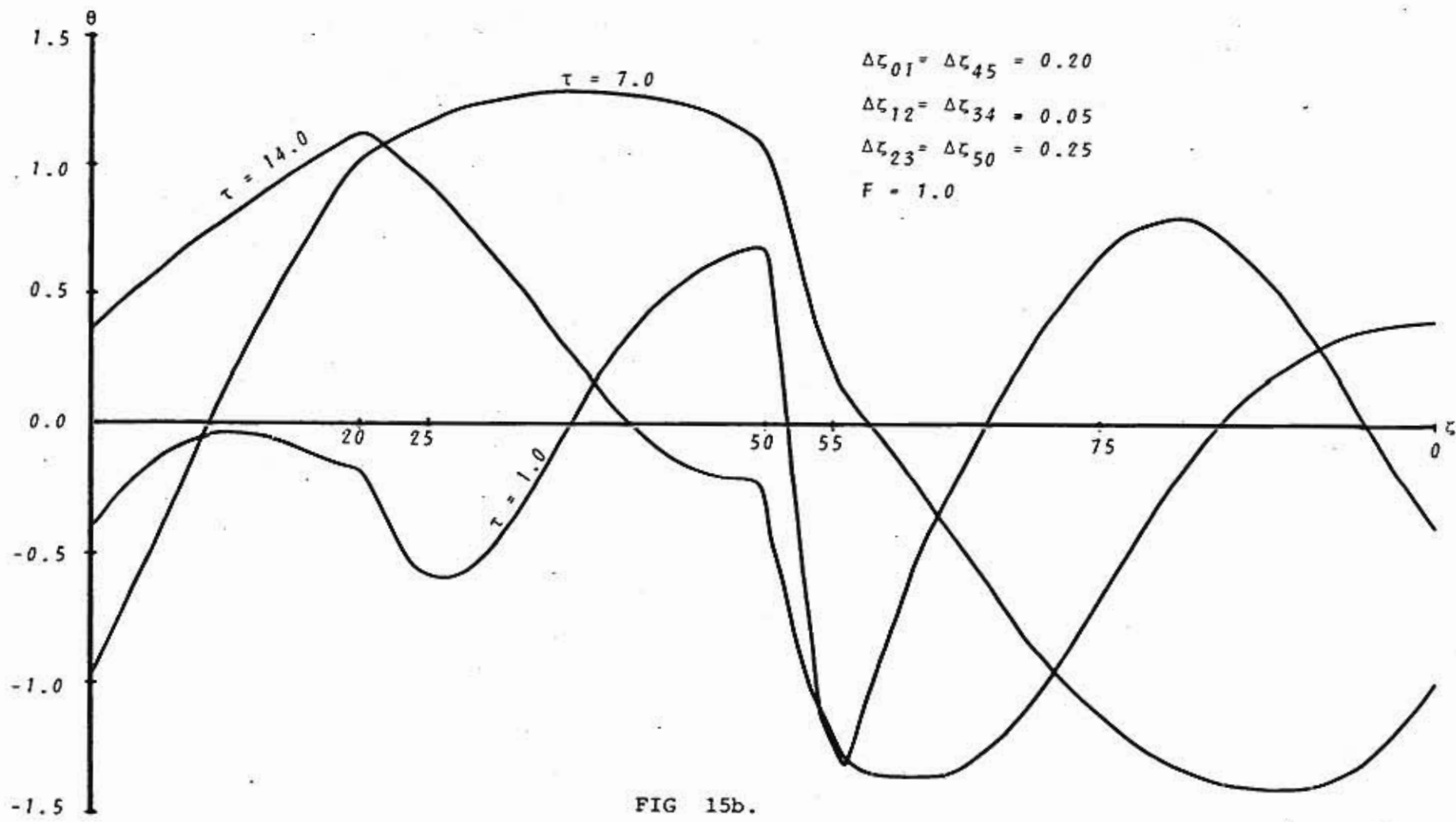


FIG 15a.



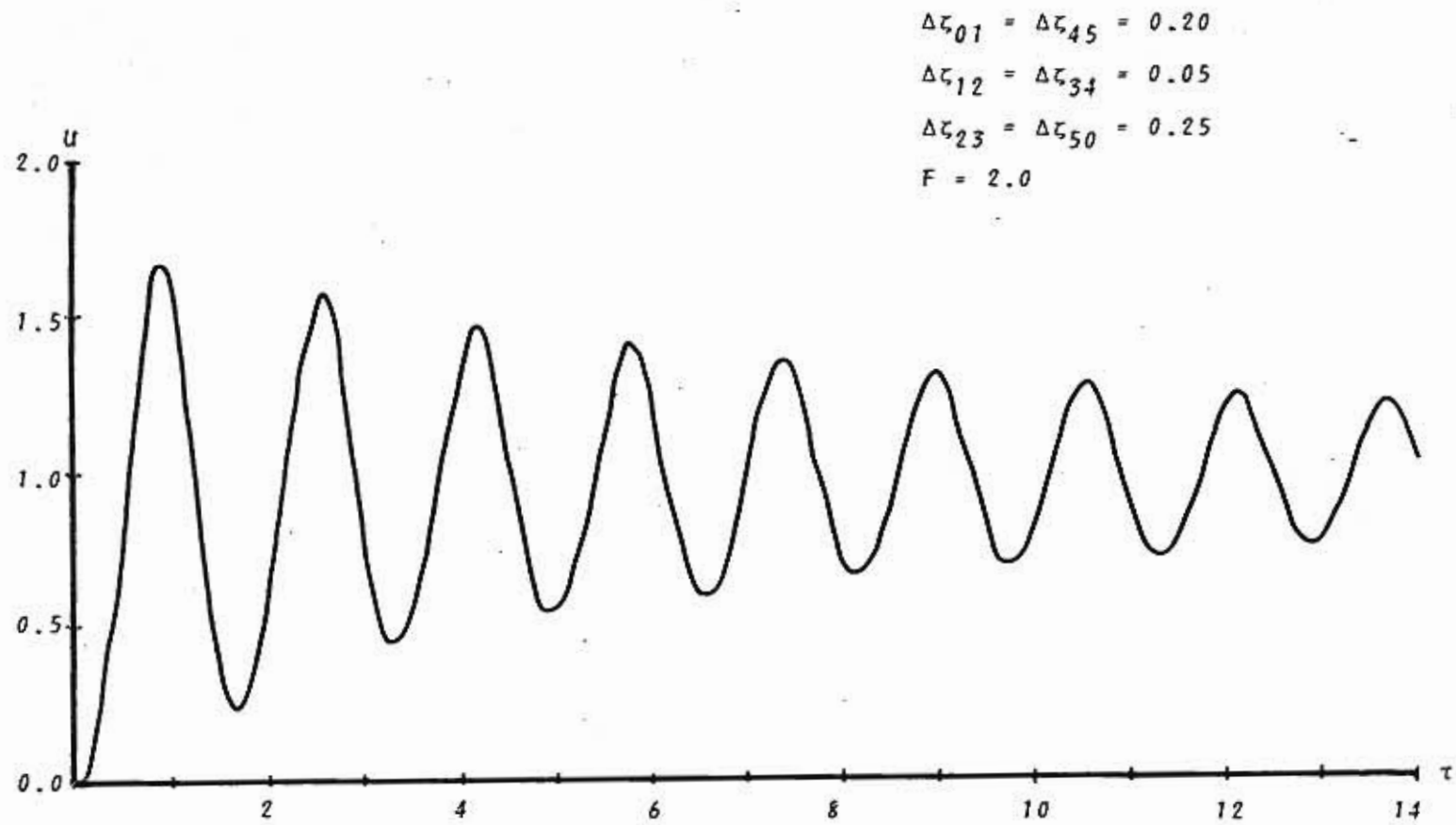


FIG 16a.

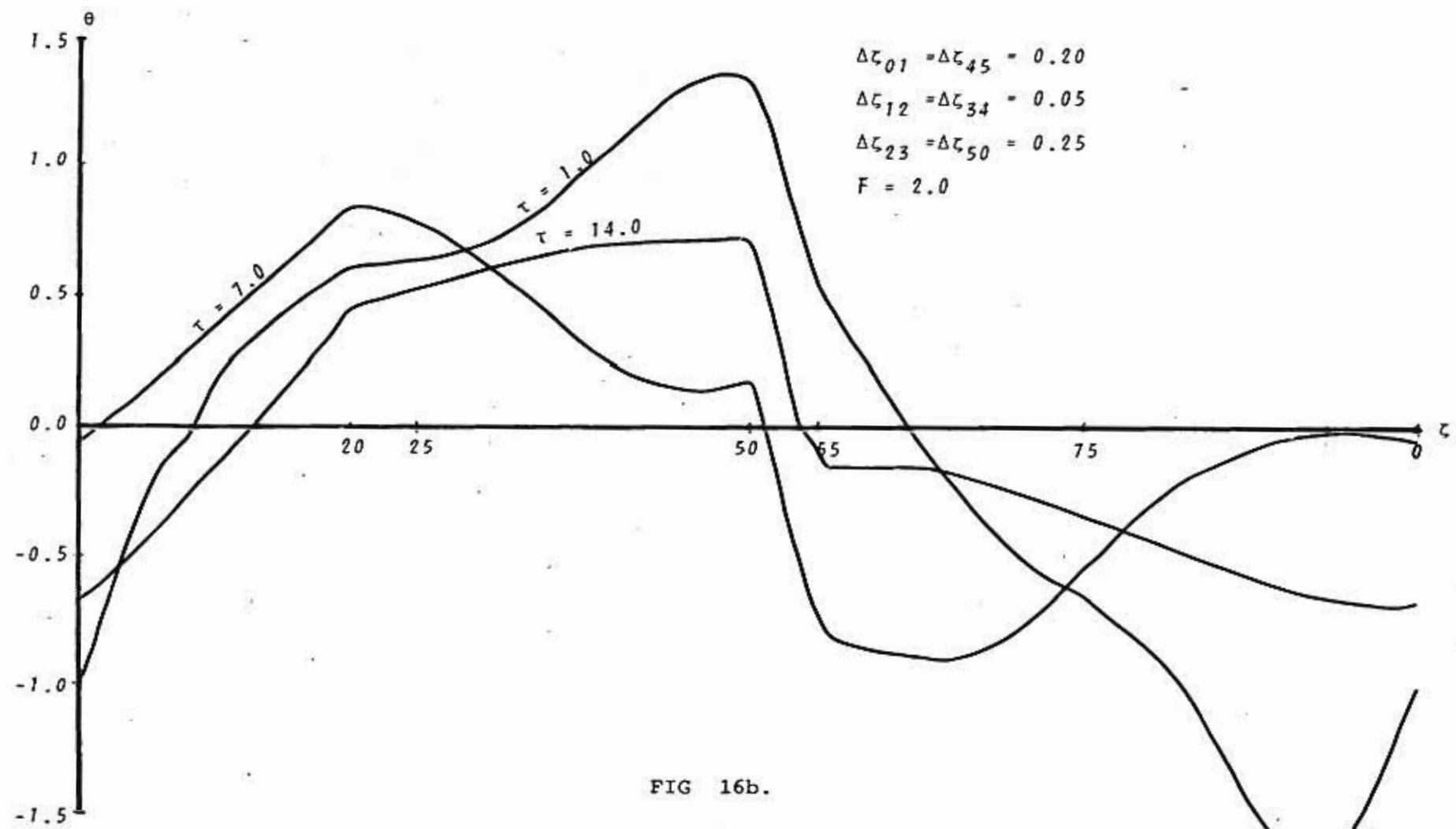


FIG 16b.

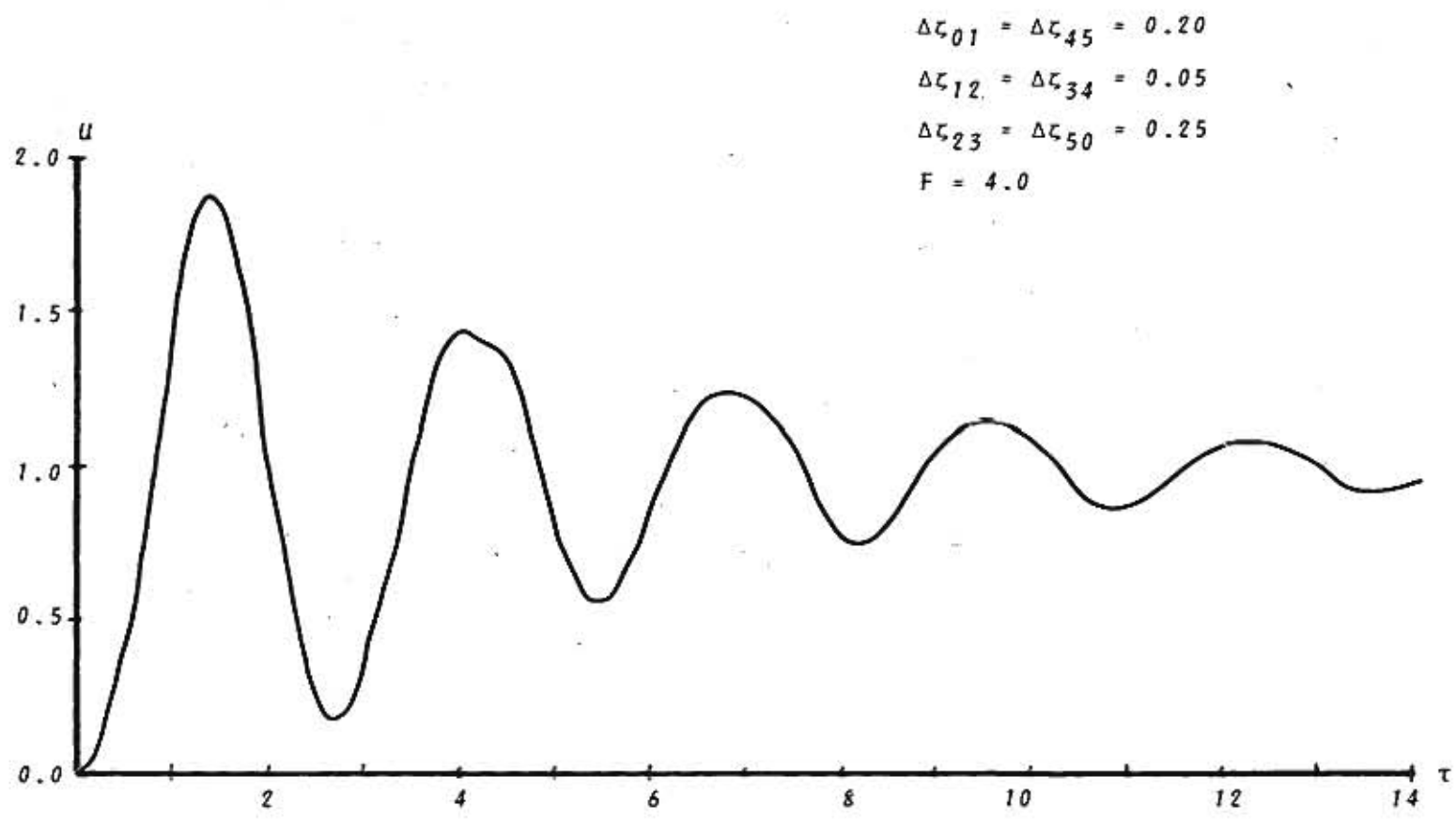
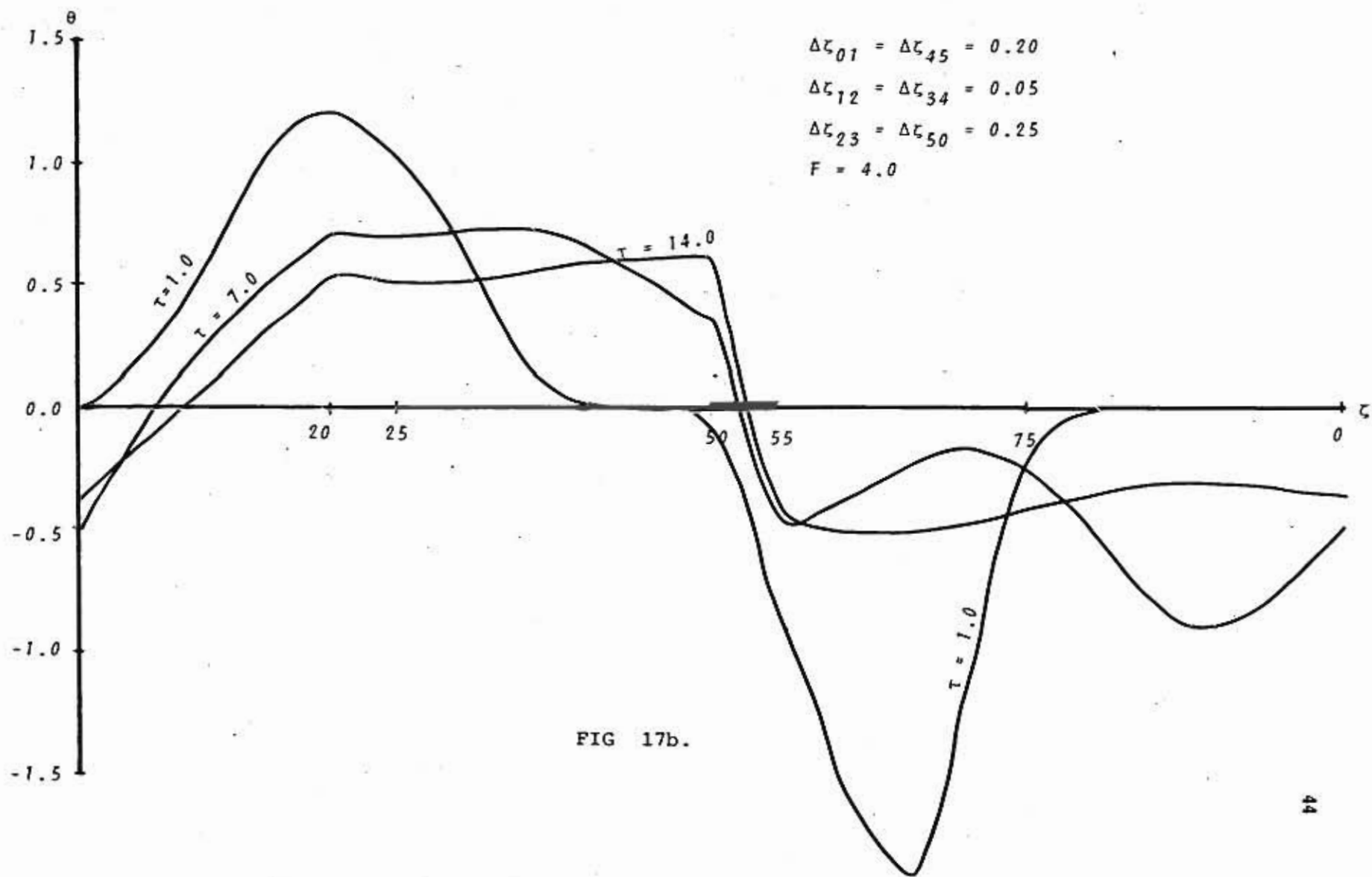


FIG 17a.



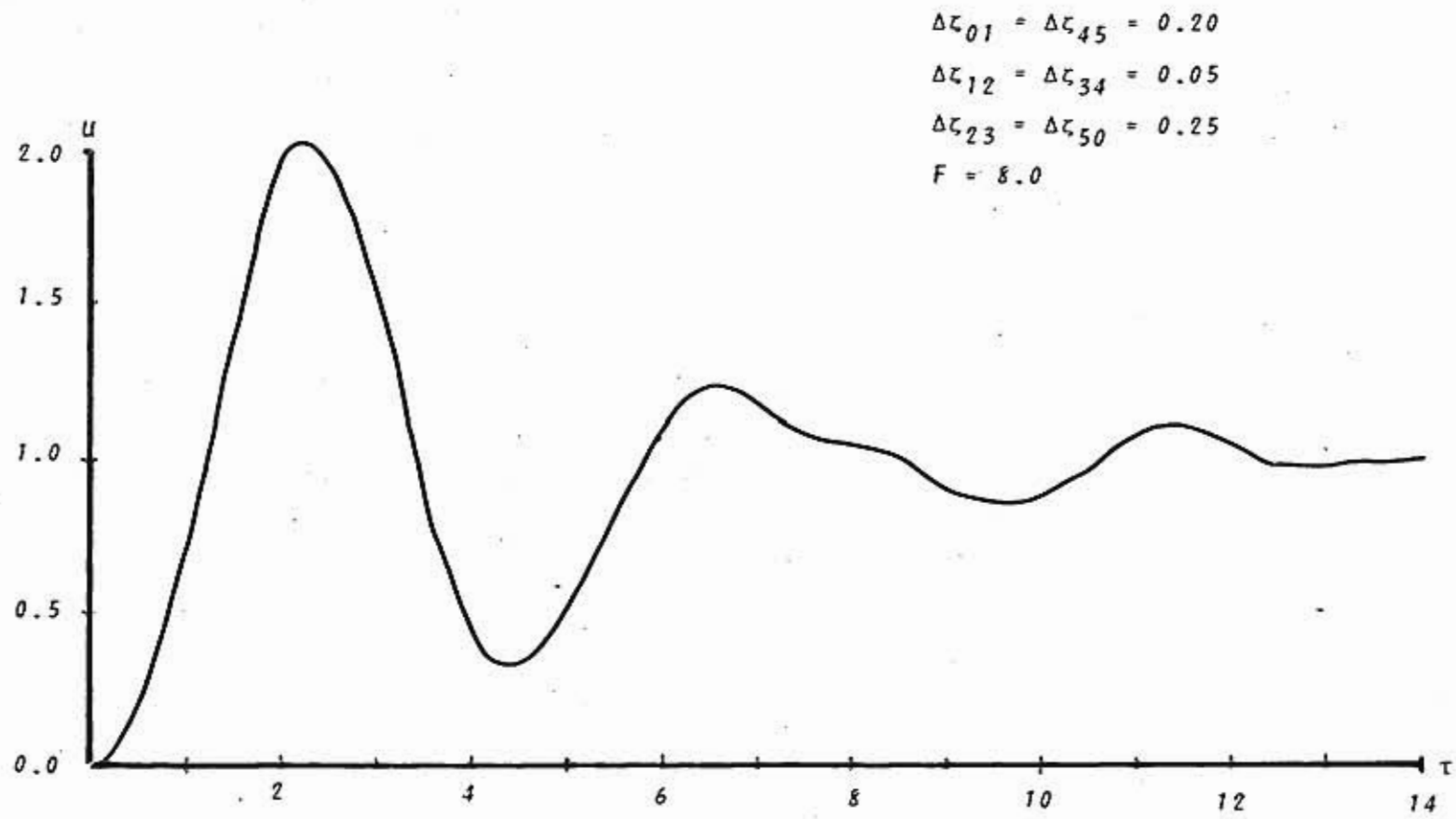


FIG 18a.

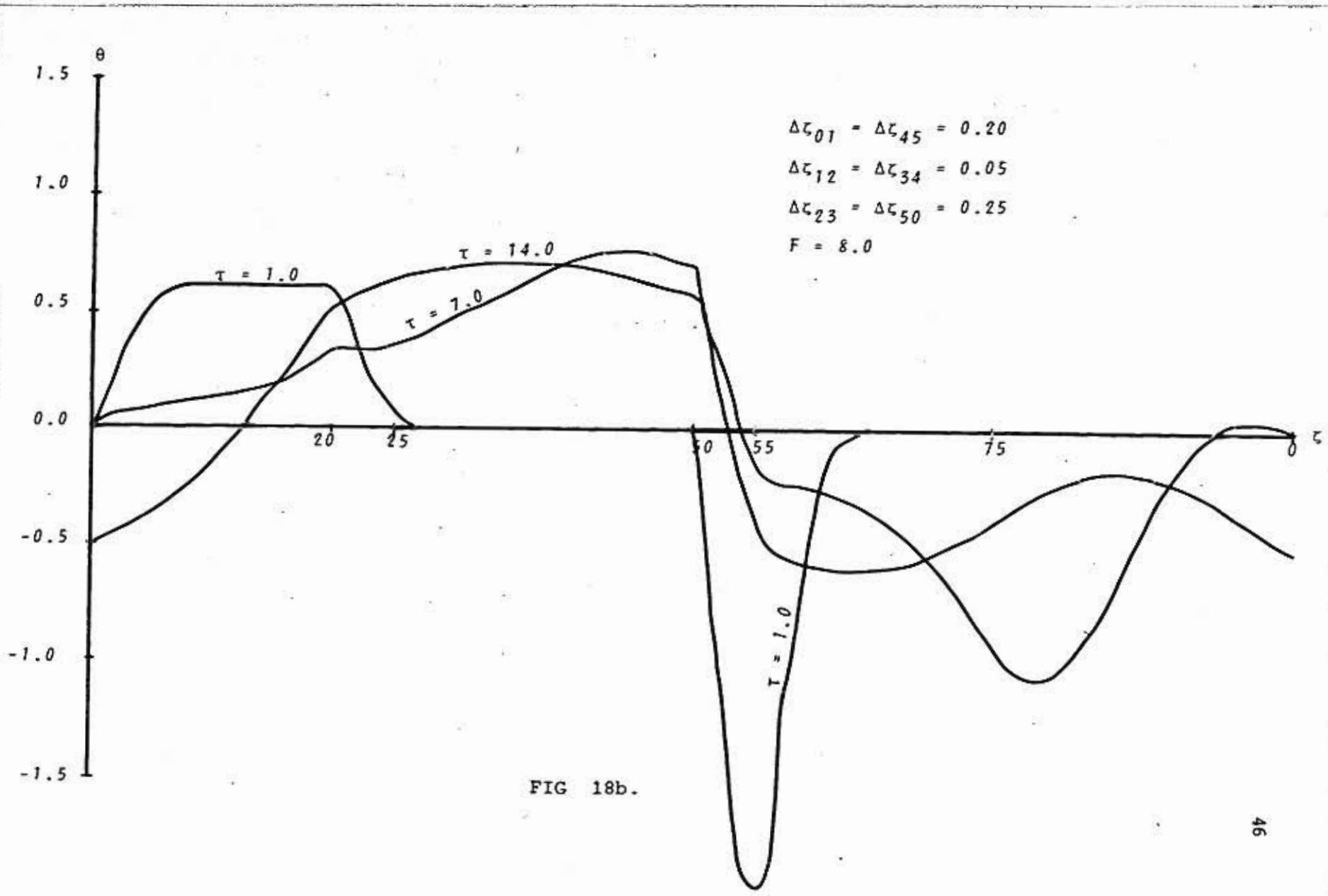


FIG 18b.

Interrupción del Termosifón

En este ejemplo, se tiene que el sistema se encuentra originalmente en estado permanente, donde tanto la velocidad como el perfil de temperatura son conocidos, teniendo en la sección Δz_{01} un suministro de calor constante (Q_1^-) y en la sección Δz_{34} una extracción de calor también constante (Q_2^-) de tal manera que se cumple:

$$Q_1^- \Delta z_{01} = Q_2^- \Delta z_{34}$$

A partir de un tiempo determinado (t_0) se deja de suministrar y de extraer calor, estudiándose el comportamiento del flujo hasta llegar al reposo.

De la misma manera que en el ejemplo anterior se utiliza un método de diferencias finitas y se sigue la misma secuencia. Siendo la única diferencia las condiciones iniciales, que para este ejemplo son:

para $\tau=0$ $Q_1 = Q_1^-$ y $Q_2 = Q_2^-$, $u = 1.0$, el perfil de temperaturas inicial se muestra en la Fig 19.

para $\tau>0$ $Q_1 = 0$ y $Q_2 = 0$

En las Figs 20a - 23a y 24a - 27a, se presentan las solucio

nes para cada uno de los conjuntos de datos. Se dan también algunos de los perfiles de temperaturas, Figs 20b - 23b y - 24b - 27b. El programa de computadora utilizado es el mismo que el del ejemplo anterior, ver apéndice.

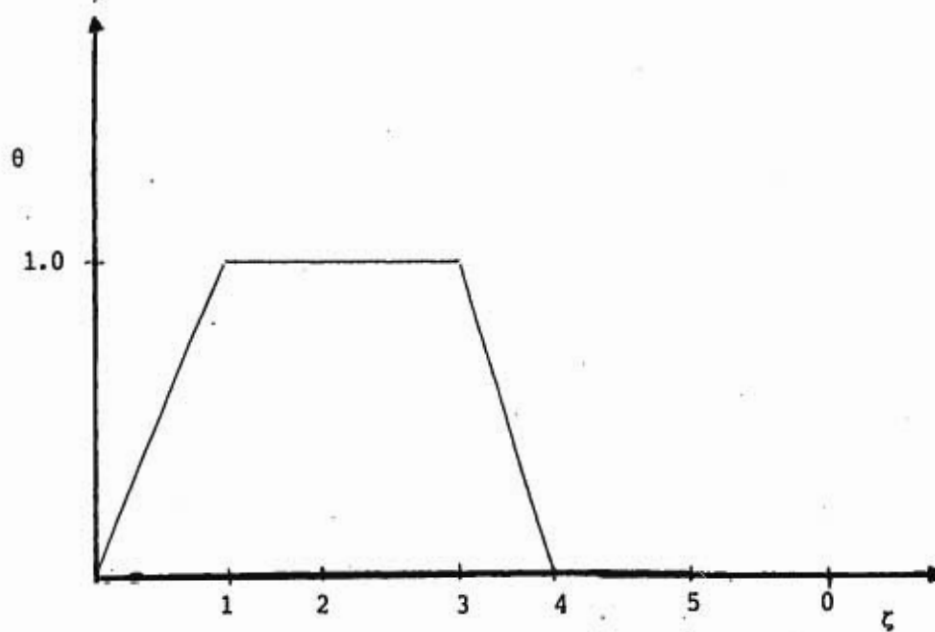


FIG 19

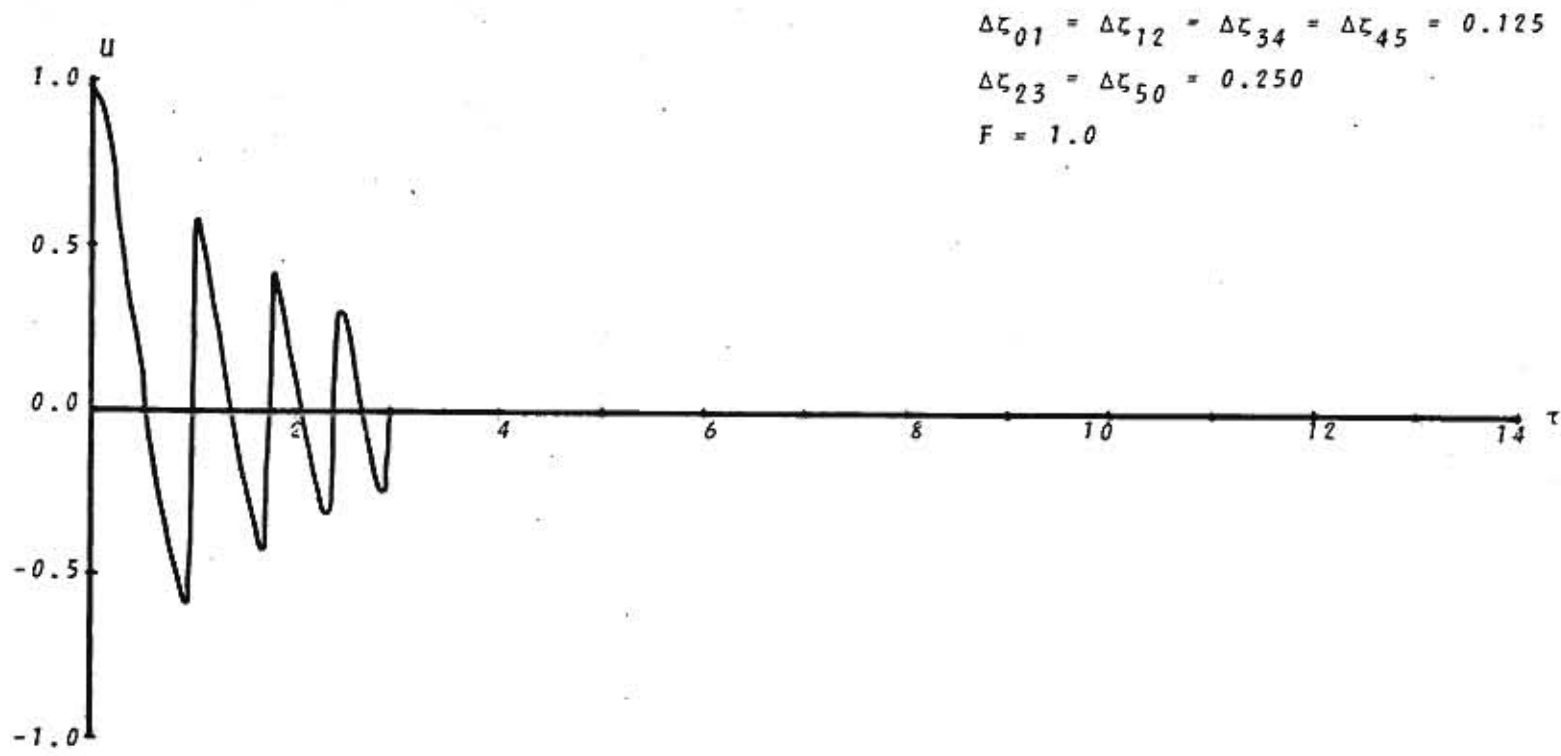


FIG 20a.

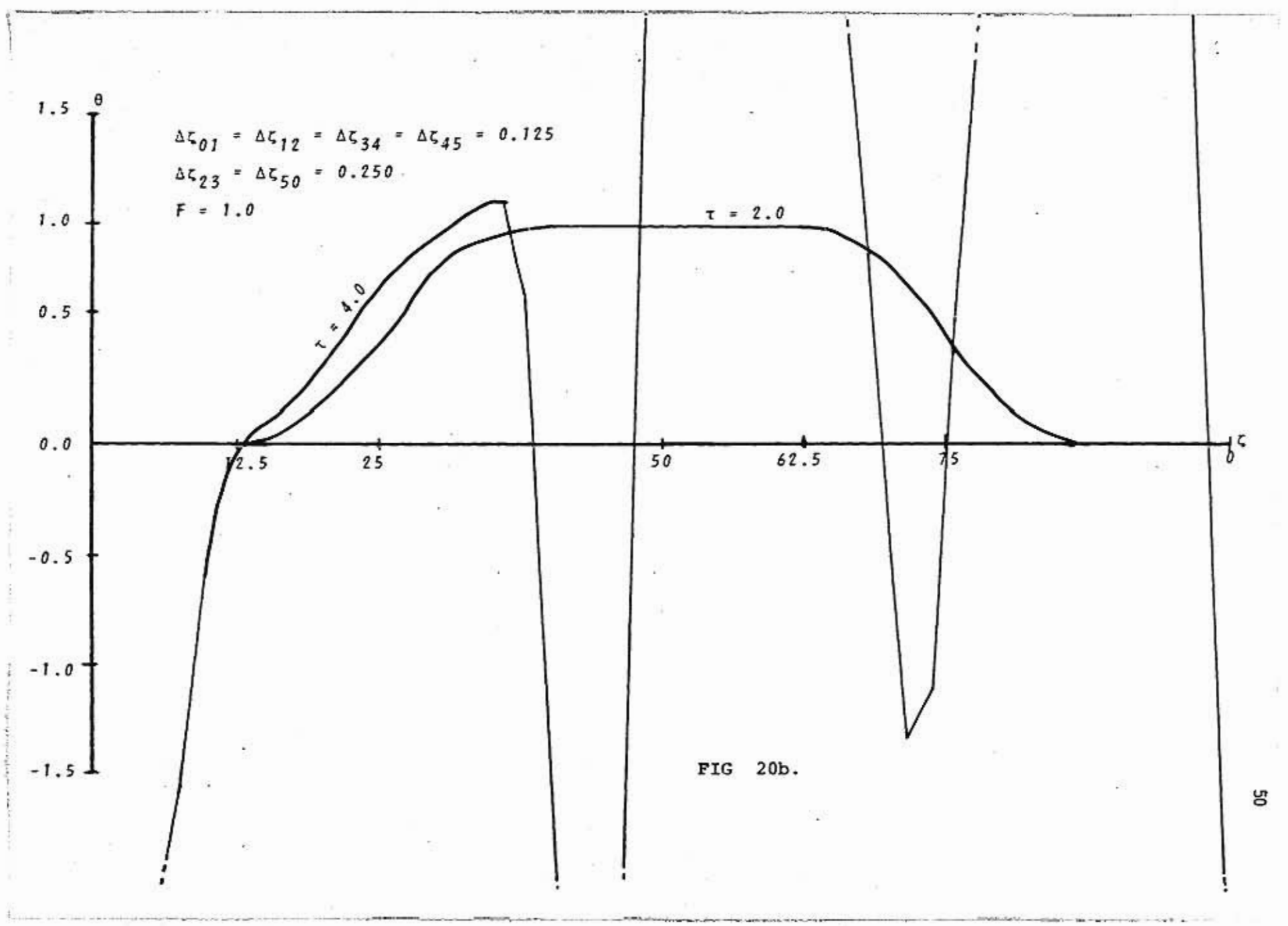


FIG 20b.

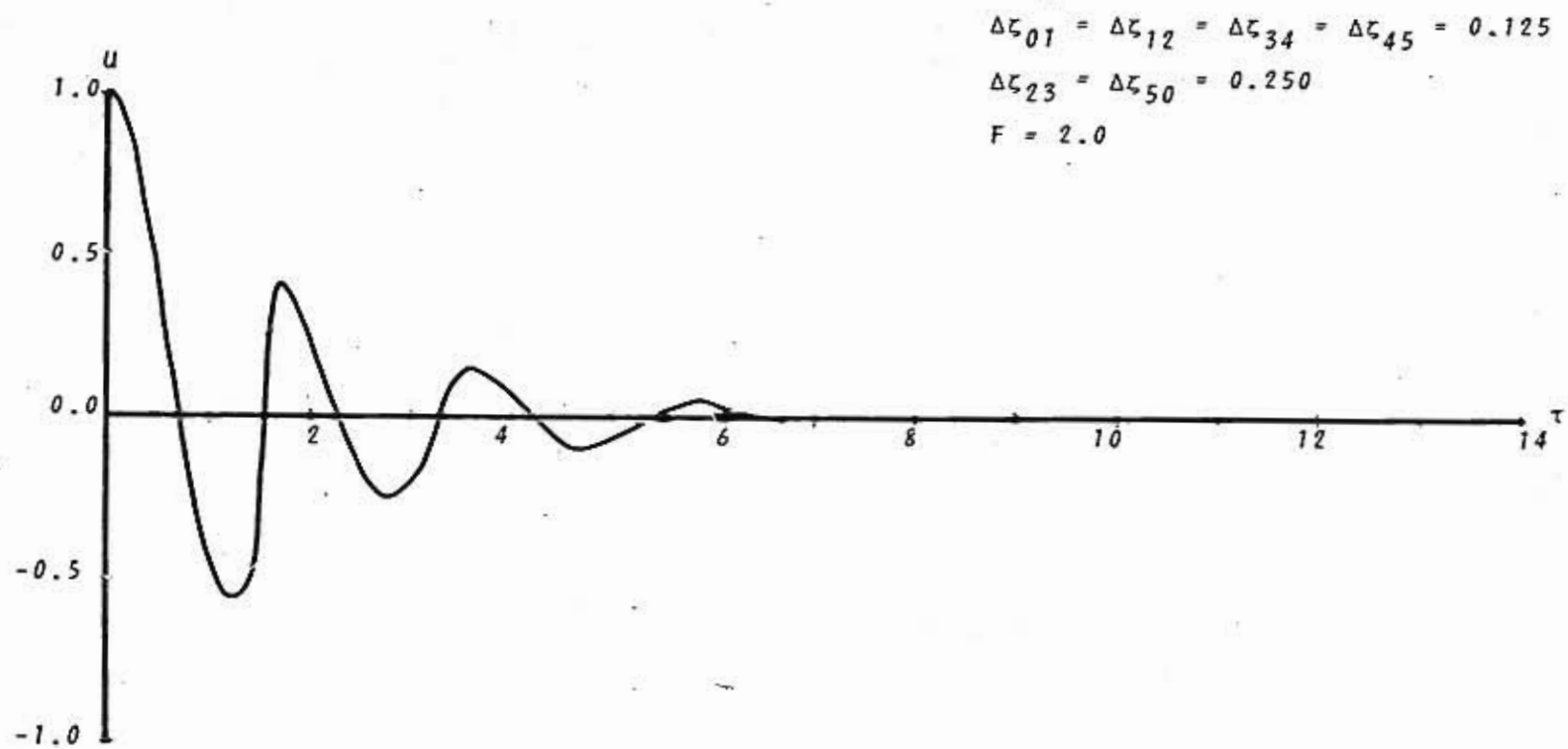


FIG 21a.

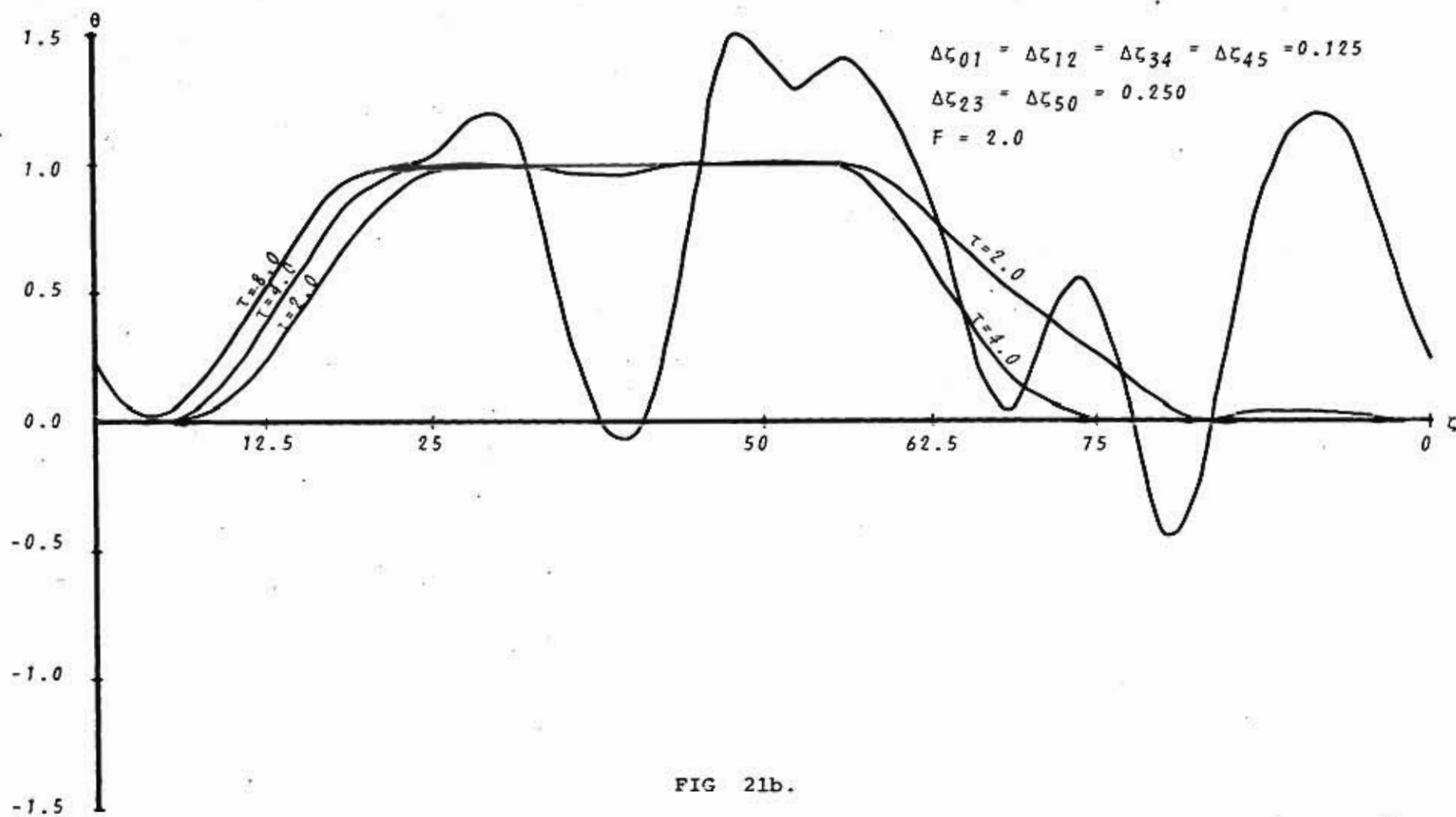


FIG 21b.

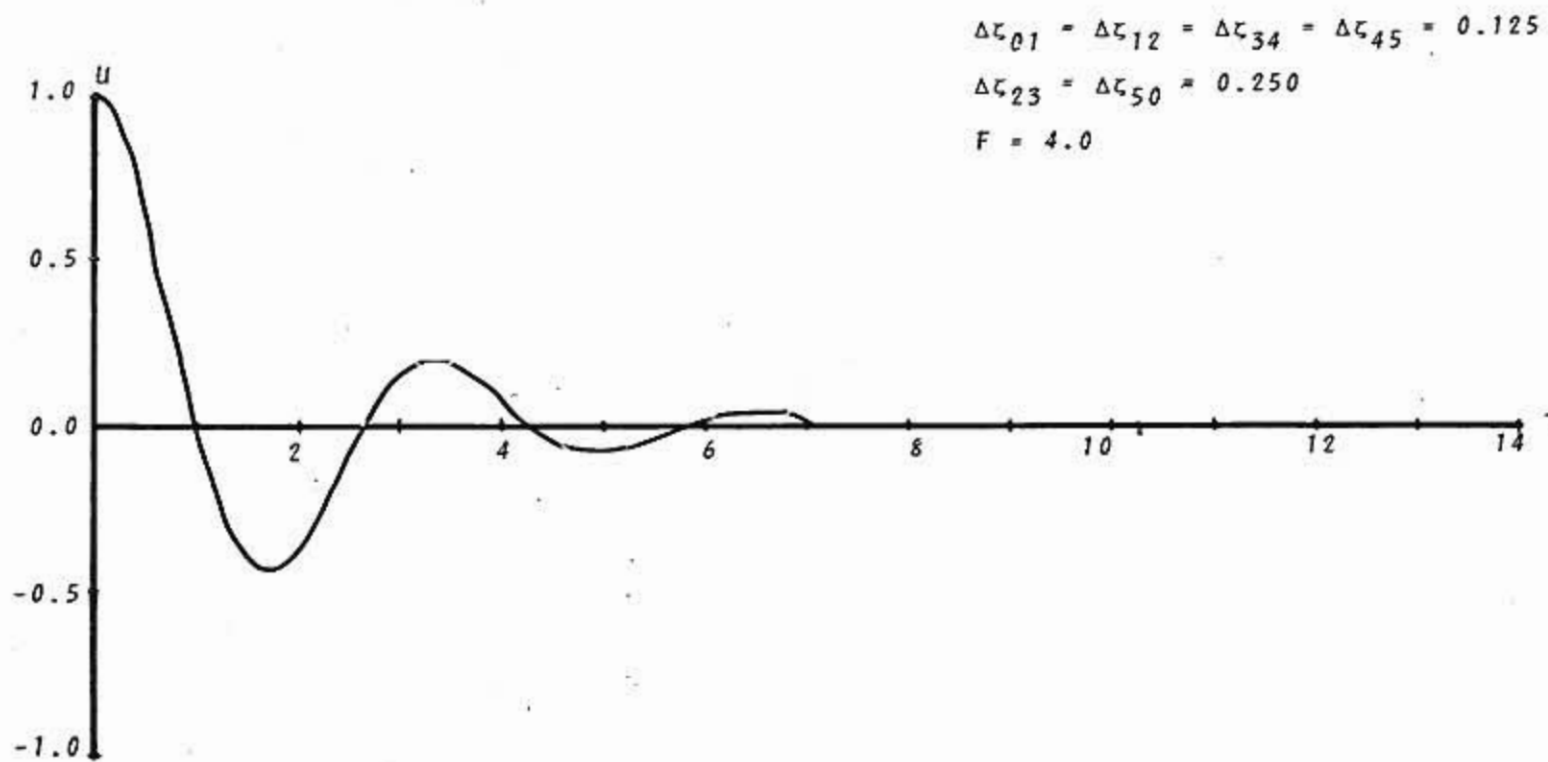
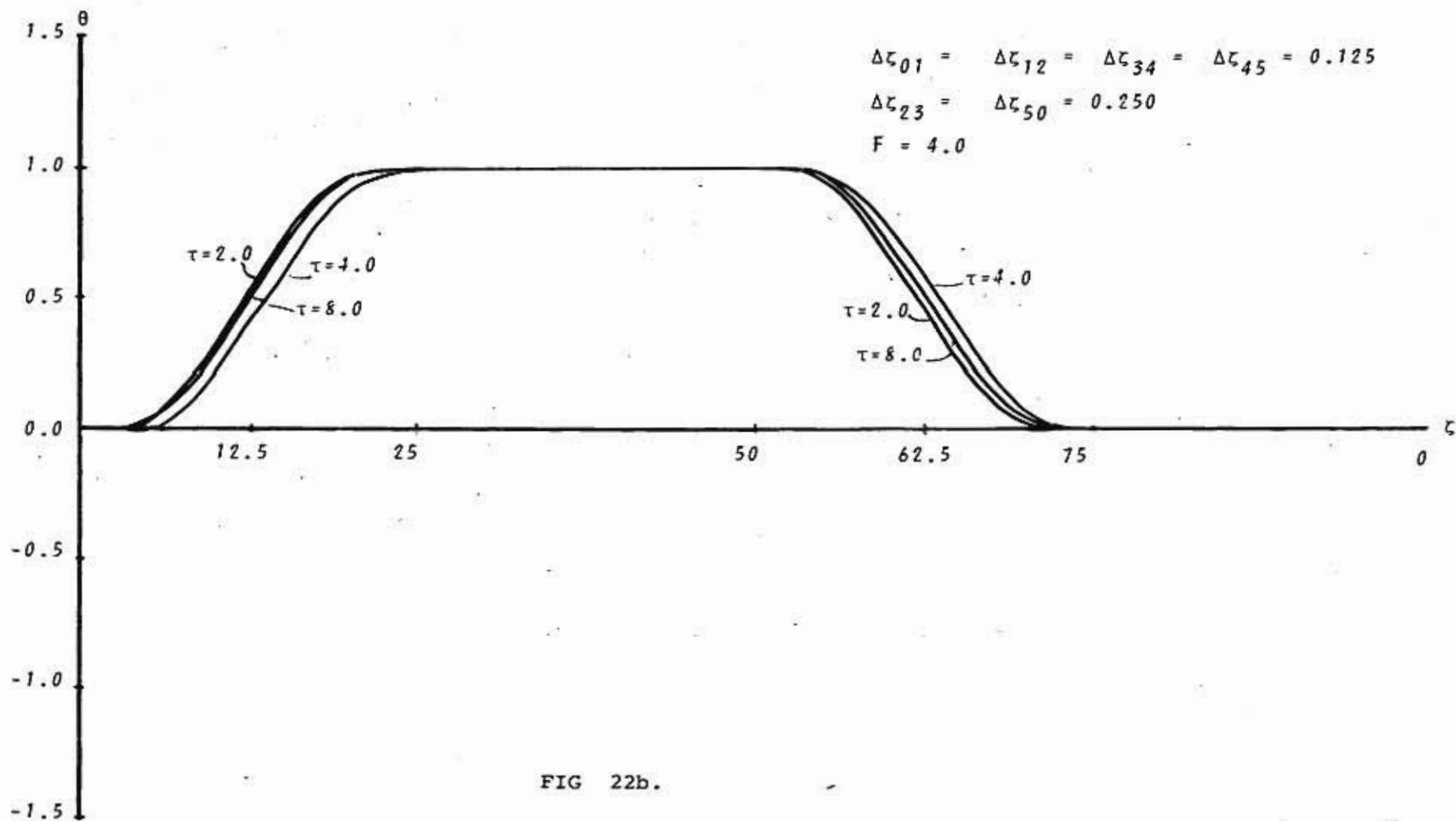


FIG 22a.



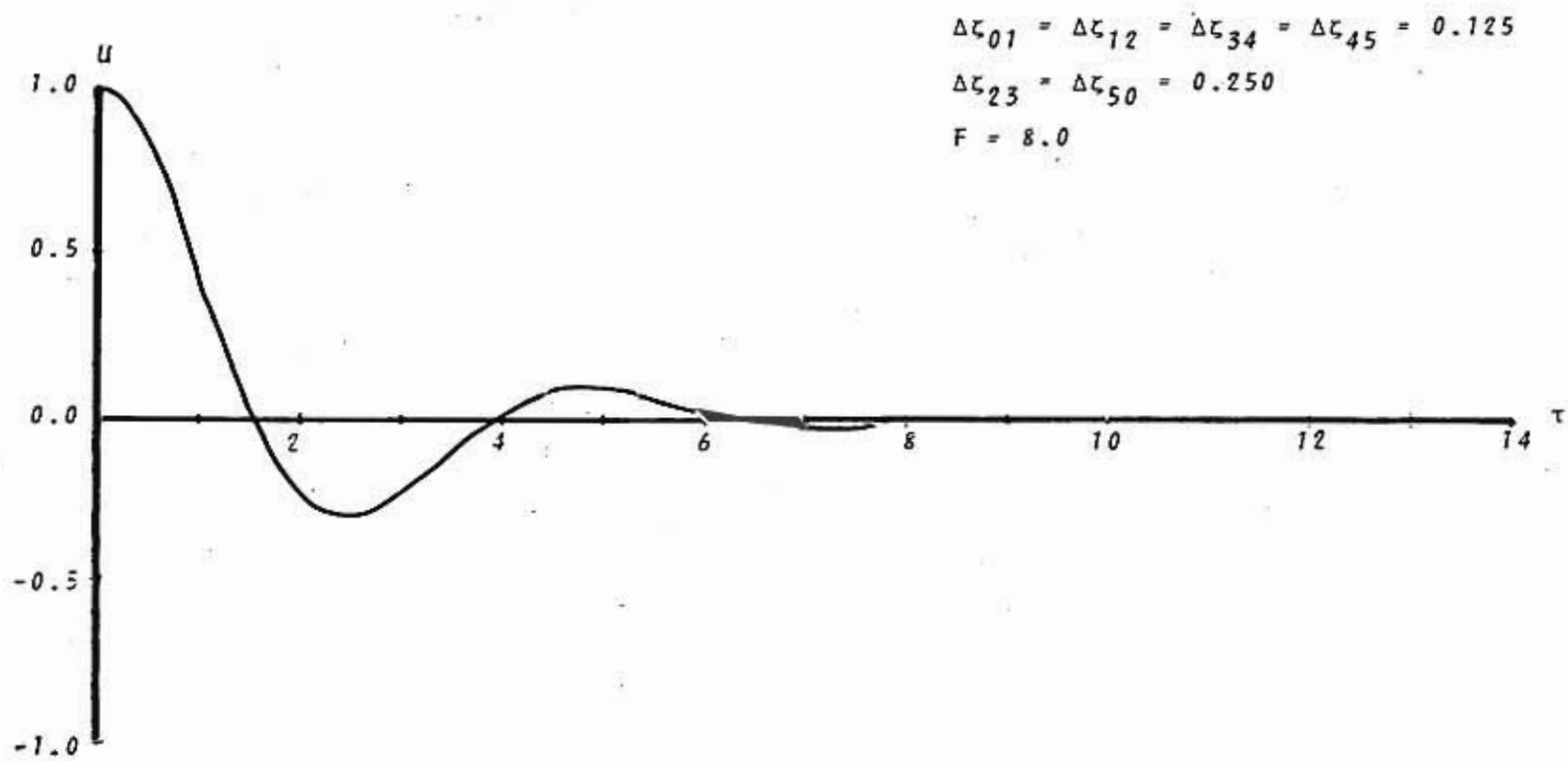


FIG 23a.

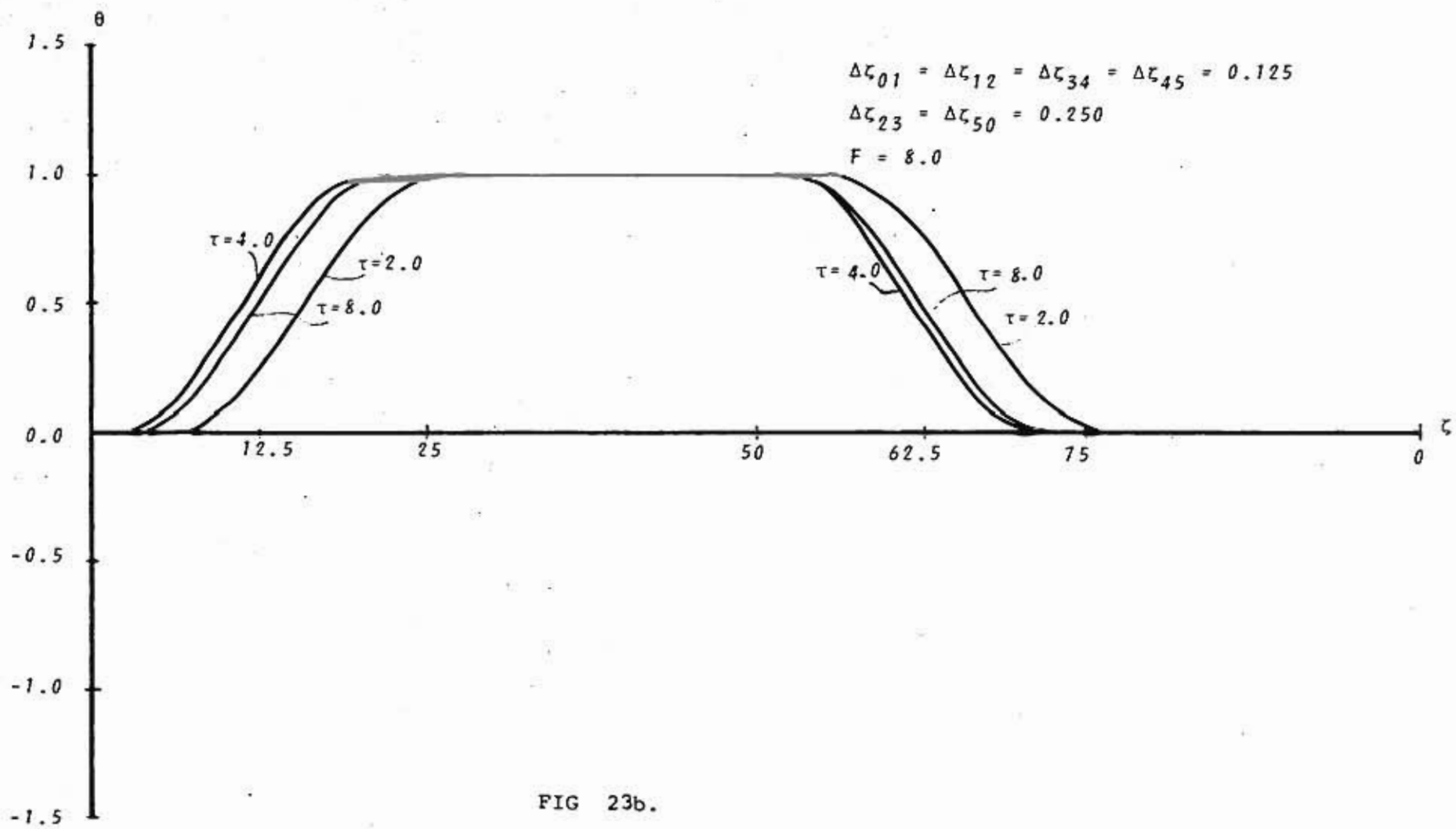


FIG 23b.

$$\Delta\zeta_{01} = \Delta\zeta_{45} = 0.20$$

$$\Delta\zeta_{12} = \Delta\zeta_{34} = 0.05$$

$$\Delta\zeta_{23} = \Delta\zeta_{50} = 0.25$$

$$F = 1.0$$

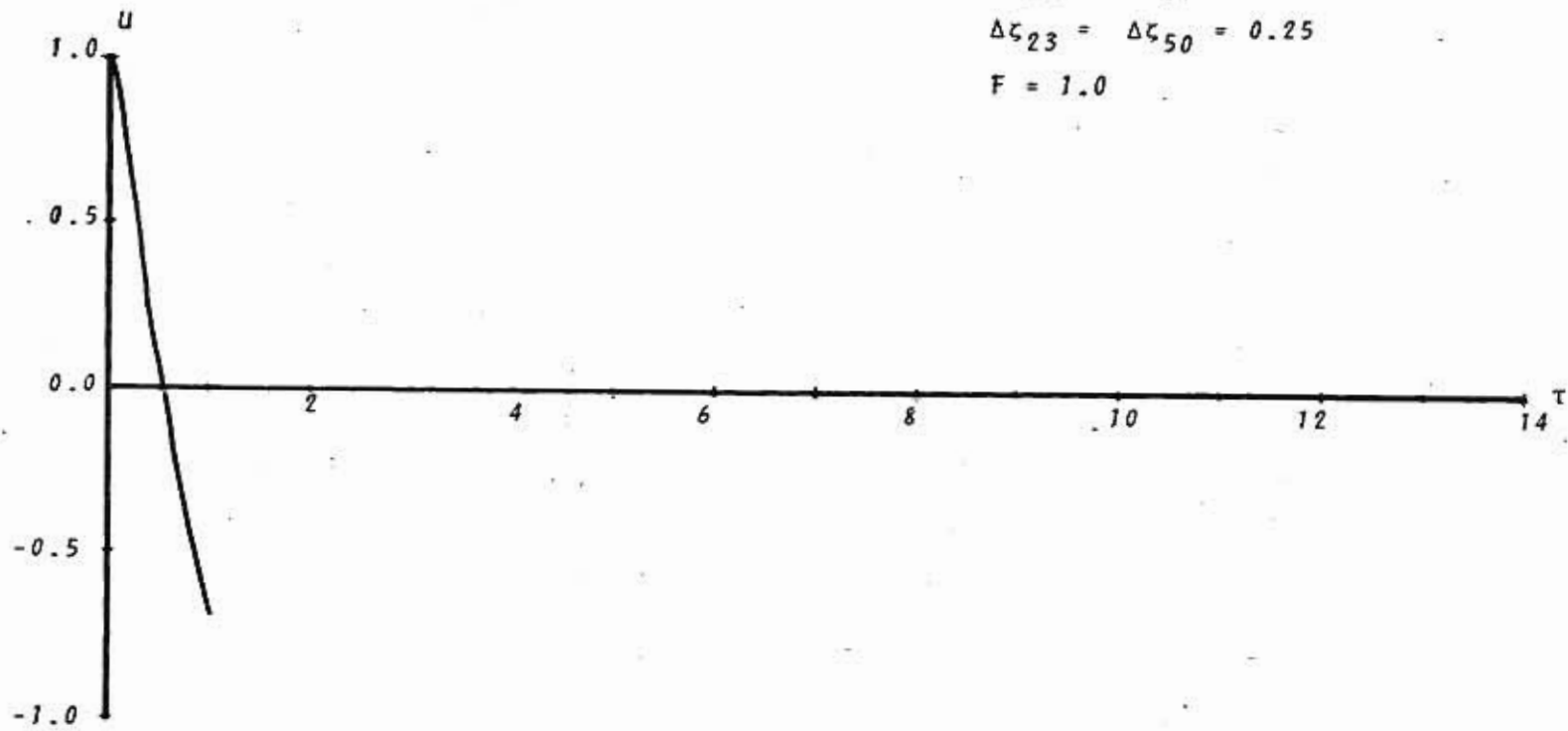


FIG 24a.

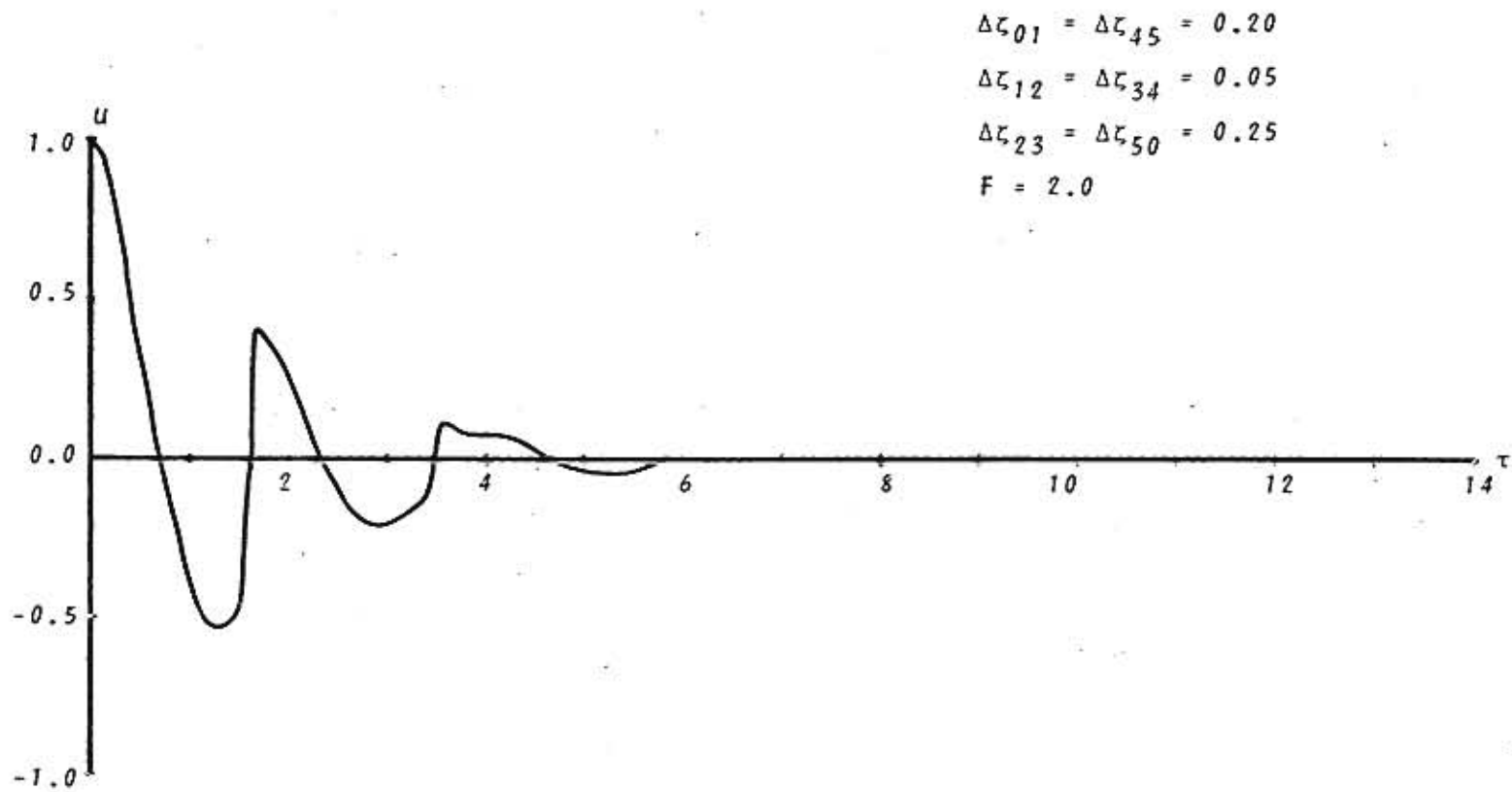


FIG 25a.

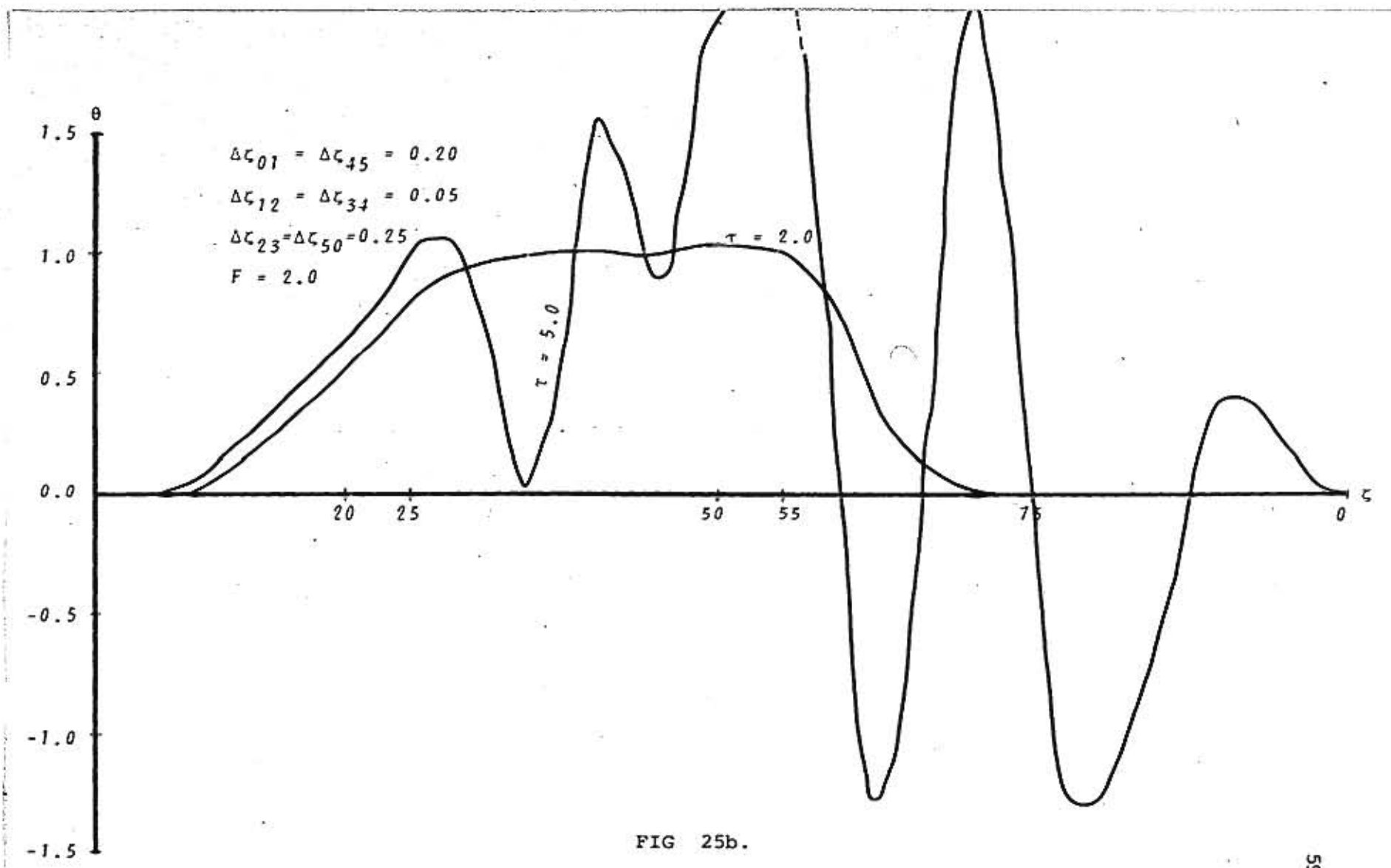


FIG 25b.

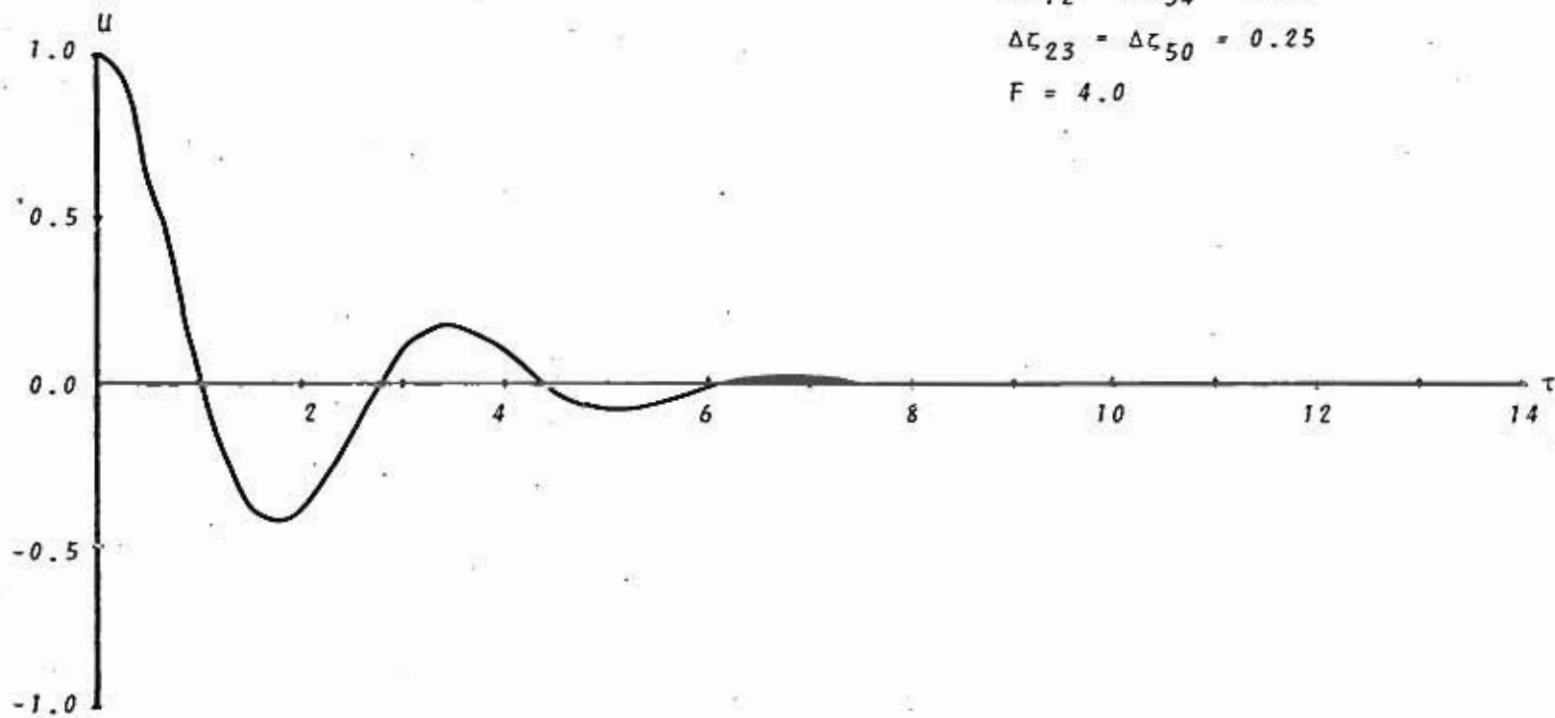
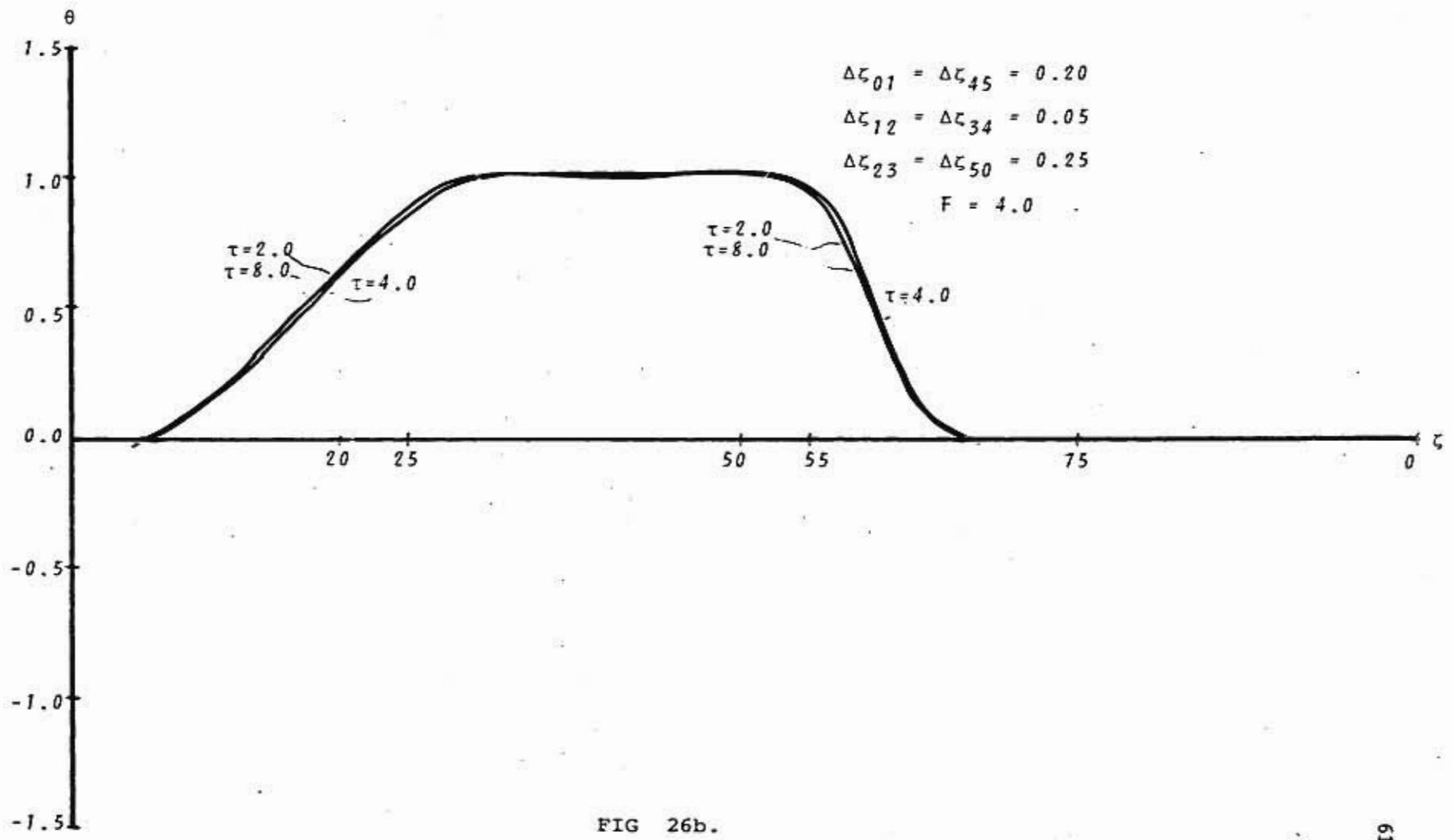


FIG 26a.



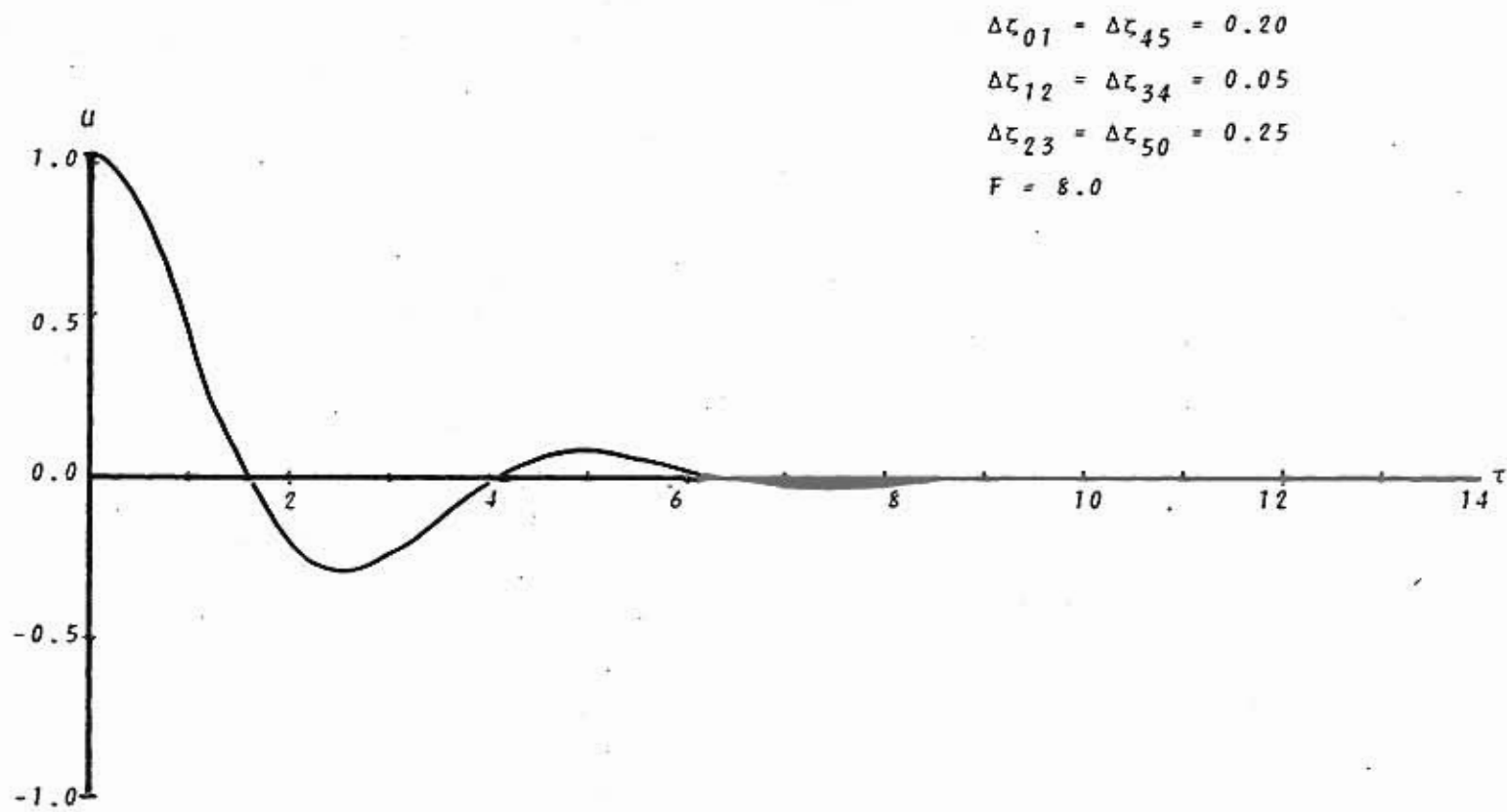
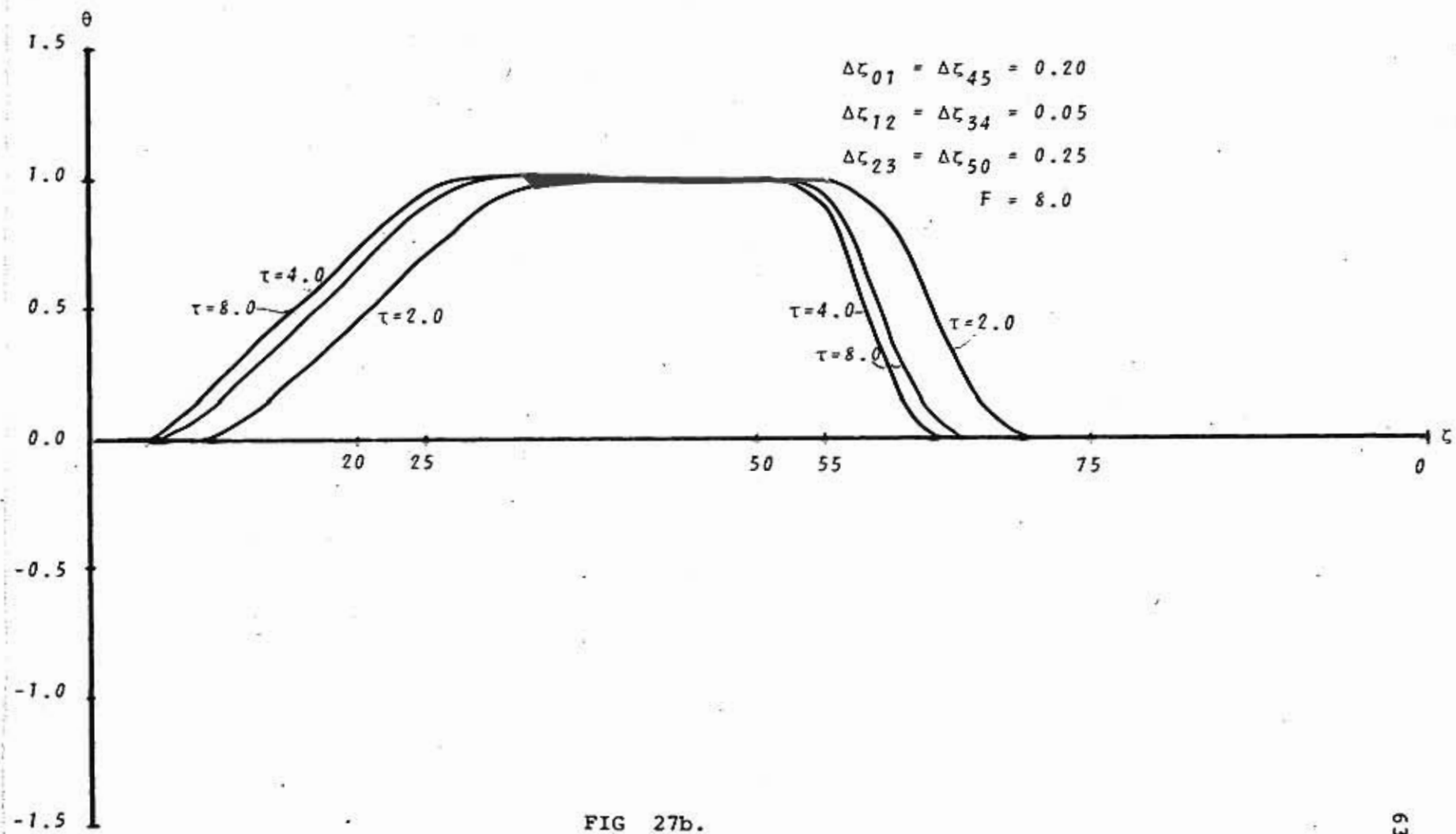


FIG 27a.



6. CONCLUSIONES

Antes de concluir este trabajo, es conveniente hacer notar las limitaciones del método propuesto.

En primer lugar se tiene lo referente a las suposiciones dadas en el capítulo 3, siendo la más crítica la referente a los términos de viscosidad, donde se ha utilizado un factor empírico que se refiere a flujo laminar completamente desarrollado.

Por otra parte, el método numérico de diferencias finitas utilizado tiene la ventaja de ser sencillo, sin embargo, si se requiriera mayor precisión sería necesario utilizar un método en el que el cálculo de una variable en un instante nuevo se hiciera a partir de valores, de los demás términos, promedia-

dos entre el instante de referencia y el nuevo instante.

En los resultados que se muestran en las figuras 11 a 14 y 15 a 18 ó 20 a 23 y 24 a 27, se puede observar que el cambio en las dimensiones geométricas de las secciones donde se suministra y se extrae calor, sin cambiar la geometría general, no afecta al comportamiento de la velocidad en el estado -- transitorio.

Si tomamos el primer conjunto de datos en el ejemplo del -- arranque (Figs 11 a 14) se puede observar como al ir aumentando el valor de la constante F la frecuencia de las oscilaciones va disminuyendo y además se tiene que para $F = 1.0$ la amplitud casi permanece constante para todos los tiempos que fueron calculados, mientras que para valores de F mayores -- que 1.0 la amplitud va disminuyendo en cada oscilación.

En el segundo ejemplo se observa un efecto similar al ir cambiando el valor de F , esto es, mientras mas grande es este -- valor la frecuencia de las oscilaciones disminuye (Figs 20 a 23). Para valores pequeños de F se presentaron problemas en los cálculos ya que los valores de la velocidad se disparaban. Para tratar de solucionar esto se tomaron pasos de -- tiempo mas pequeños a los del ejemplo anterior, originalmente se tenían pasos de 5×10^{-4} , se probó con pasos de 10^{-4} sin mejorar la situación, finalmente los pasos que se usaron fue

ron de 5×10^{-5} , y aunque se tiene una curva de velocidades, en los perfiles de temperaturas se tienen algunos valores fuera del rango esperado. Una solución mas precisa para estos valores de F quizás pueda ser obtenida tomando pasos -- tanto en tiempo como en espacio más pequeños, pero el tiempo de máquina requerido para ello resulta ser muy grande. En cambio, para valores de F de 4.0 y 8.0 se obtuvo una buena solución sin necesidad de reducir los pasos de tiempo.

REFERENCIAS

1. Gupta C.L. y Garg H.P., System design in polar water heaters with natural circulation, Solar Energy, Vol. 12, pp. 163-182, 1968.
2. Ong K.S., A finite - difference method to evaluate the thermal performance of a solar water heater, Solar Energy, Vol. 16, pp. 137-147, 1974.
3. Ong K.S., An improved computer program for the thermal performance of a solar water heater, Solar Energy, Vol. 18, pp. 183-191, 1976.
4. Zvirin Y., Shitzer A. y Grossman G., The natural -- circulation solar heater - models with linear and -- nonlinear temperature distributions, Int. J. Heat - Mass Transfer, Vol. 20 pp. 997-999, 1977.

5. Morrison G.L. y Ranatunga D.B.J., Thermosyphon circulation in solar collectors, Solar Energy, Vol. 24, - pp. 191-198, 1980.
6. Keller J.B., Periodic oscillations in a model of --- thermal convection, J. Fluid Mech., Vol. 26, part.- 3, pp. 599-606, 1966.
7. Welander P., On the oscillatory inestability of a dif- ferentially heated fluid loop, J. Fluid Mech, Vol. 29 part. 1, pp. 17-30, 1967.
8. Creveling H.F., De paz J.F., Balade J.Y. y Schoenhals R.J., Stability characteristics of a single - phase- free convection loop, J. Fluid Mech, Vol. 67, part. 1, pp. 65-84, 1975.
9. Zvirin Y. y Greif R., Transient behavior of natural- circulation loops. Two vertical branches with point- heat source and sink, Int. J. Heat Mass Transfer, -- Vol. 22, pp. 499-504, 1979.
10. Morrison G.L. y Ranatunga D.B.J., Transient Response of thermosyphon solar collector, Solar Energy, Vol.- 24, pp. 55-61, 1980.

A P E N D I C E

Se incluye el programa de computación para el cálculo tanto de las velocidades como los perfiles de temperaturas en diferentes tiempos para un termosifón en estado transitorio, con una *corrida* para cada ejemplo.

```

FILE SCKIND=DISC(,ITITLE='T. 2001',FILETYPE=7)
FILE SCKIND=DF(,ITITLE='MAX(ESIZE=2)
ESTE PROGRAMA SIRVE PARA CALCULAR TANTO LAS VELOCIDADES COMO
LOS PERFILES DE TEMPERATURA EN DIFERENTES TIEMPOS EN UN TIEMPO-
ESPACIO EN ESTADO TRANSITORIO
¿PERFILES UTILIZADOS EN EL PROGRAMA?
AL Y A3 SON AREAS BAJO LA CURVA DEL PERFIL DE TEMPERATURAS EN
ESTADO PERMANENTE
F=32*(MU*L/UM*) (DONDE MU ES LA VISCOSIDAD DINAMICA, UM ES
LA VELOCIDAD EN ESTADO PERMANENTE, L LONGITUD
Y D EL DIAMETRO DEL TUBO)
DELS INFORMACION EN ESPACIO
DELT INFORMACION EN TIEMPO
J SUBINDICE QUE INDICA POSICION
J(1) FLUJO DE CALOR EN EL PUNTO J
512,513,514,515,516,517 DISTANCIA ENTRE LOS RESPECTIVOS
PUNTOS
TE(1,J) TEMPERATURA EN EL TIEMPO 1 Y EN EL PUNTO J
TE(2,J) TEMPERATURA EN EL TIEMPO 2 Y EN EL PUNTO J
UC(1) VELOCIDAD EN EL TIEMPO 1
UC(2) VELOCIDAD EN EL TIEMPO 2
IMAX VALOR DEL NUMERO DE ITERACIONES QUE SE DEBE REALICE EL
PROGRAMA
AM VALOR UTILIZADO PARA ESCRIBIR VELOCIDADES Y TIEMPOS CADA
VEZ QUE SE QUIERA
EN VALOR UTILIZADO PARA ESCRIBIR LOS PERFILES DE TEMPERATURA
CADA VEZ QUE SE QUIERA
J1 VALOR DEL SUBINDICE J EN EL PUNTO INFERIOR DEL BRAZO IZQUIERDO
(CUANDO)
J2 VALOR DEL SUBINDICE J EN EL PUNTO QUE SE DEJA DE SUMINISTRAR
CALOR
J3 VALOR DEL SUBINDICE J EN EL PUNTO SUPERIOR DEL BRAZO IZQUIERDO
J4 VALOR DEL SUBINDICE J EN EL PUNTO SUPERIOR DEL BRAZO DERECHO
J5 VALOR DEL SUBINDICE J EN EL PUNTO DONDE SE DEJA DE EXTRAER
CALOR
J6 VALOR DEL SUBINDICE J EN EL PUNTO INFERIOR DEL BRAZO DERECHO
J7 VALOR DEL SUBINDICE J
J8 VALOR DEL SUBINDICE J
TU NUMERO TOTAL DE J
J(1)=1.0
T(1,J)=0.0
CONTINUE
READ(5,7)(1),S12,S13,S14,S15,S16,S17,F,DELT,DELS,IMAX,AM,EN
*J1,J2,J3,J4,J5,J6,J7,TJ
WRITE(5,11)
11 FORMAT(1,4,'JATIS',7)
WRITE(5,7)(UC(1),S12,S13,S14,S15,S16,F,DELT,DELS,IMAX,AM,EN
*J1,J2,J3,J4,J5,J6,J7,TJ
WRITE(5,21)
21 FORMAT(2,4,'-----',7,10,X)
*F,50,1008,7)
I1=512,2.0,513
I2=515,2.0
J(1)=1.0
J(1)=0.0
IF(J.GT.J1.AND.J.LE.J2) J(J)=1./S12
IF(J.GT.J2.AND.J.LE.J4) J(J)=1./S13
IF(J.GT.J4.AND.J.LE.J5) J(J)=-1.0/S14
IF(J.GT.J5.AND.J.LE.J7) J(J)=0.0
CONTINUE
N4=
T(1,400(1))=0.0
TU=1.0/IMAX

```

```

SUM1=0.0
SUM2=0.0
T1=TEMP(1)=T1*DELT
DO 11 JJ=2,J3-1
SUM1=SUM1+TE(1,JJ)
10 CONTINUE
DO 20 JJ=J4+1,J5-1
SUM2=SUM2+TE(1,JJ)
20 CONTINUE
U(2)=U(1)+(DELT/(C1-A2))*((DELT/2.0)*(T1(1,1)+T1(1,J3))
+2.0*SUM1-(TE(1,J4)+TE(1,J5)+2.0*SUM2))-DELT*U(1)
DO 30 JJ=1,J7
JJ=JJ-1
IF(JJ.EQ.1)JJ=J7
T(2,J)=T(1,J)+DELT*(Q(J)/F-DELT*U(1)*(TE(1,J)-TE(1,JJ))
*(F*DELTA))
31 CONTINUE
DO 15 JJ=1,J7
DT=DT+TE(1,JJ)
15 CONTINUE
DT=DT/DTJ
DO 16 JJ=1,J7
TE(2,JJ)=TE(2,JJ)-DT
16 CONTINUE
NN=NN+1
AN=(NN-1)/AN
AA=AA+1
IF(ABS(CM-AN).GT.1.E-3) GO TO 50
M=TE(5,5) H(5)=T(5,2)-DT
W=TE(5,5)*H(5)*F(1.5)*X*TIEMPU=F(1.5)*X*DTL=1.E-3/7)
50 M=5.0
EM=(MM-1)/EM
ME=ME+1
IF(ABS(CM-EM).GT.1.E-3) GO TO 50
M=TE(5,5)
70 WRITE(14)('X',F10.5,'-----',F10.5)
*1 X F10.5 'TEMPERATURES' /
W=TE(5,5)*(C(2,J)+J=1,J7)
38 WRITE(14)('X',F10.5,'-----',F10.5)
5 J(1)=U(1)
T1=TEMP(1)=T1*DELT
DO 23 JJ=1,J7
T(1,J)=T(2,J)
23 CONTINUE
3 CONTINUE
CALL EXIT
END

```


ARRANQUE DEL TERMOSIFON.

S12=0.135, S23=0.113, S34=0.25, S45=0.125, S55=0.125, S61=0.25, F=2.0, D-LI=0.005, SFLS=0.01, IYAX=3.000,

J2=13, J4=51, J5=53,

RESULTS

U= 0.000007 TIME= 0.106507 DTE=0.

PERFIL DE TEMPERATURAS

J= 1, 0.000000	J= 3, 0.00200	J= 5, 0.00200	J= 7, 0.00200	J= 9, 0.00200
J= 11, 0.00200	J= 13, 0.00200	J= 15, 0.00200	J= 17, 0.00200	J= 19, 0.00000
J= 21, 0.00000	J= 23, 0.00000	J= 25, 0.00000	J= 27, 0.00000	J= 29, 0.00000
J= 31, 0.00000	J= 33, 0.00000	J= 35, 0.00000	J= 37, 0.00000	J= 39, 0.00000
J= 41, 0.00000	J= 43, 0.00000	J= 45, 0.00000	J= 47, 0.00000	J= 49, 0.00000
J= 51, 0.00000	J= 53, 0.00200	J= 55, 0.00200	J= 57, 0.00200	J= 59, 0.00200
J= 61, 0.00200	J= 63, 0.00200	J= 65, 0.00000	J= 67, 0.00000	J= 69, 0.00000
J= 71, 0.00000	J= 73, 0.00000	J= 75, 0.00000	J= 77, 0.00000	J= 79, 0.00000
J= 81, 0.00000	J= 83, 0.00000	J= 85, 0.00000	J= 87, 0.00000	J= 89, 0.00000
J= 91, 0.00000	J= 93, 0.00000	J= 95, 0.00000	J= 97, 0.00000	J= 99, 0.00000

U= 0.017347 TIME= 0.106507 DTE= .335E-12

U= 0.0144237 TIME= 0.206507 DTE=-.155E-11

U= 0.0140537 TIME= 0.306507 DTE=-.357E-11

U= 0.0140713 TIME= 0.406507 DTE= .671E-12

U= 0.0139777 TIME= 0.506507 DTE=-.268E-11

U= 1.0137747 TIME= 0.606507 DTE= .641E-11

U= 1.0437307 TIME= 0.706507 DTE= .617E-11

U= 1.0613887 TIME= 0.806507 DTE= .778E-12

U= 1.0667617 TIME= 0.906507 DTE=-.224E-11

U= 1.0616737 TIME= 1.006507 DTE= .728E-12

PERFIL DE TEMPERATURAS

J= 1, -1.23435	J= 3, 0.09375	J= 5, -0.57915	J= 7, -0.36633	J= 9, -0.07795
J= 11, 0.17435	J= 13, 0.38650	J= 15, 0.45855	J= 17, 0.52192	J= 19, 0.55710
J= 21, 0.59193	J= 23, 0.60372	J= 25, 0.62543	J= 27, 0.65385	J= 29, 0.69376
J= 31, 0.74831	J= 33, 0.82475	J= 35, 0.92562	J= 37, 1.04954	J= 39, 1.13303

J= 51.	1.28455	J= 53.	0.99375	J= 55.	0.67915	J= 57.	0.35685	J= 59.	0.07795
J= 61.	-0.17470	J= 63.	-0.53850	J= 65.	-1.04686	J= 67.	-1.52192	J= 69.	-1.95710
J= 71.	-0.59178	J= 73.	-0.80302	J= 75.	-0.92545	J= 77.	-0.95345	J= 79.	-0.89306
J= 81.	-0.74431	J= 83.	-0.82475	J= 85.	-0.82562	J= 87.	-1.04954	J= 89.	-1.13875
J= 91.	-1.02472	J= 93.	-1.43733	J= 95.	-1.50242	J= 97.	-1.50153	J= 99.	-1.42715

U=	1.413107	TIE4P0=	1.190507	OTE=-.2759-11
U=	1.191737	TIE4P0=	1.200507	OTE=0.
U=	0.731107	TIE4P0=	1.300507	OTE=-.3005-11
U=	0.518107	TIE4P0=	1.400507	OTE=-.1477-11
U=	0.337307	TIE4P0=	1.500507	OTE=-.1135-11
U=	0.240227	TIE4P0=	1.600507	OTE=.3545-12
U=	0.222777	TIE4P0=	1.700507	OTE=-.1475-11
U=	0.275407	TIE4P0=	1.800507	OTE=.7465-12
U=	0.400507	TIE4P0=	1.900507	OTE=-.4375-12
U=	0.531207	TIE4P0=	2.000507	OTE=-.1065-11

PERFIL DE TEMPERATURAS

J= 1.	-0.51429	J= 3.	-0.20811	J= 5.	0.23049	J= 7.	0.73276	J= 9.	1.18489
J= 11.	1.52635	J= 13.	1.75215	J= 15.	1.55417	J= 17.	1.14675	J= 19.	-0.71185
J= 21.	0.25870	J= 23.	-0.07315	J= 25.	-0.30378	J= 27.	-0.44014	J= 29.	-0.49850
J= 31.	-0.49193	J= 33.	-0.43255	J= 35.	-0.33355	J= 37.	-0.20906	J= 39.	-0.07320
J= 41.	0.15155	J= 43.	0.18611	J= 45.	0.09435	J= 47.	0.12422	J= 49.	0.45651
J= 51.	0.51429	J= 53.	0.20811	J= 55.	-0.23049	J= 57.	-0.73276	J= 59.	-1.18489
J= 61.	-1.52635	J= 63.	-1.75215	J= 65.	-1.55417	J= 67.	-1.14605	J= 69.	-0.71185
J= 71.	-0.25870	J= 73.	0.07315	J= 75.	0.30336	J= 77.	0.44014	J= 79.	0.49850
J= 81.	0.49193	J= 83.	0.43255	J= 85.	0.33355	J= 87.	0.20906	J= 89.	0.07320
J= 91.	-0.15155	J= 93.	-0.18611	J= 95.	-0.29436	J= 97.	-0.33422	J= 99.	-0.45651

U=	0.51417	TIE4P0=	2.100507	OTE=-.5915-12
U=	1.055637	TIE4P0=	2.200507	OTE=.6345-12
U=	1.259207	TIE4P0=	2.300507	OTE=-.2275-11
U=	1.397287	TIE4P0=	2.400507	OTE=.8135-11
U=	1.510407	TIE4P0=	2.500507	OTE=-.1295-11
U=	1.575347	TIE4P0=	2.600507	OTE=.1465-12

U= 1.266727 TIE4P0= 2.300507 DTG=-.271E-11
 U= 1.197358 TIE4P0= 2.290507 DTG=-.122E-11
 U= 0.764027 TIE4P0= 3.300507 DTG=-.233E-11

PERFIL DE TEMPERATURAS

J= 1. 0.76920	J= 3. 0.56110	J= 5. 0.38997	J= 7. 0.25972	J= 9. 0.15995
J= 11. 0.09319	J= 13. 0.04655	J= 15. 0.19701	J= 17. 0.31752	J= 19. 0.39684
J= 21. 0.02574	J= 23. 0.39940	J= 25. 0.31931	J= 27. 0.13293	J= 29. 0.03318
J= 31. 0.14372	J= 33. 0.32159	J= 35. 0.43453	J= 37. 0.52167	J= 39. 0.72553
J= 41. 0.79379	J= 43. 0.62835	J= 45. 0.35456	J= 47. 0.32040	J= 49. 0.79523
J= 51. 0.76922	J= 53. 0.56105	J= 55. 0.38997	J= 57. 0.25972	J= 59. 0.15995
J= 61. 0.09319	J= 63. 0.04655	J= 65. 0.19701	J= 67. 0.31752	J= 69. 0.39684
J= 71. 0.02574	J= 73. 0.39943	J= 75. 0.31931	J= 77. 0.13293	J= 79. 0.03318
J= 81. 0.14372	J= 83. 0.32150	J= 85. 0.43463	J= 87. 0.52157	J= 89. 0.72553
J= 91. 0.79379	J= 93. 0.62835	J= 95. 0.35458	J= 97. 0.32040	J= 99. 0.79523

U= 0.038077 TIE4P0= 3.190507 DTG=-.309E-12
 U= 0.097358 TIE4P0= 3.290507 DTG=-.418E-12
 U= 0.364347 TIE4P0= 3.300507 DTG=-.354E-13
 U= 0.097358 TIE4P0= 3.490507 DTG=-.178E-11
 U= 0.563937 TIE4P0= 3.500507 DTG=-.176E-11
 U= 0.070208 TIE4P0= 3.500507 DTG=-.237E-11
 U= 0.113307 TIE4P0= 3.700507 DTG=-.219E-11
 U= 0.763347 TIE4P0= 3.800507 DTG=-.719E-12
 U= 1.120337 TIE4P0= 3.900507 DTG=-.120E-11
 U= 1.134107 TIE4P0= 4.000507 DTG=-.573E-11

PERFIL DE TEMPERATURAS

J= 1. 0.7212	J= 3. 0.22635	J= 5. 0.47311	J= 7. 0.52973	J= 9. 0.75723
J= 11. 0.25947	J= 13. 0.94358	J= 15. 0.89149	J= 17. 0.83742	J= 19. 0.79269
J= 21. 0.75653	J= 23. 0.76476	J= 25. 0.78479	J= 27. 0.32136	J= 29. 0.26401
J= 31. 0.39719	J= 33. 0.90806	J= 35. 0.88680	J= 37. 0.82906	J= 39. 0.73608
J= 41. 0.51438	J= 43. 0.47341	J= 45. 0.32398	J= 47. 0.17687	J= 49. 0.04193
J= 51. -0.17202	J= 53. -0.22635	J= 55. -0.47311	J= 57. -0.52973	J= 59. -0.75723

J= 71, -0.76653	J= 73, -0.76475	J= 75, -0.76474	J= 77, -0.32136	J= 79, -0.86401
J= 81, -0.53712	J= 83, -0.59215	J= 85, -0.52632	J= 87, -0.52900	J= 89, -0.73603
J= 91, -0.61438	J= 93, -0.47341	J= 95, -0.52398	J= 97, -0.17637	J= 99, -0.04193

U= 1.42277	TIE4P0= 4.10050	DTI= .470E-12
U= 1.42757	TIE4P0= 4.20050	DTI= -.133E-11
U= 1.42972	TIE4P0= 4.30050	DTI= -.379E-11
U= 1.43102	TIE4P0= 4.40050	DTI= -.704E-11
U= 1.43257	TIE4P0= 4.50050	DTI= .215E-11
U= 0.63767	TIE4P0= 4.60050	DTI= .107E-11
U= 0.72657	TIE4P0= 4.70050	DTI= -.213E-11
U= 0.61653	TIE4P0= 4.80050	DTI= -.200E-12
U= 0.55452	TIE4P0= 4.90050	DTI= -.470E-12
U= 1.34327	TIE4P0= 5.00050	DTI= .106E-11

 PROFILE OF TEMPERATURES

J= 1, -0.55524	J= 3, -0.35857	J= 5, -0.15648	J= 7, 0.04064	J= 9, 1.23362
J= 11, 1.42272	J= 13, 0.60733	J= 15, 0.49651	J= 17, 0.32151	J= 19, 0.29794
J= 21, 0.21612	J= 23, 0.14435	J= 25, 0.08276	J= 27, 0.02939	J= 29, -0.01593
J= 31, -0.0451	J= 33, -0.0677	J= 35, -0.05557	J= 37, -0.03679	J= 39, 0.00754
J= 41, 0.07132	J= 43, 0.15252	J= 45, 0.24708	J= 47, 0.35002	J= 49, 0.45496
J= 51, 0.55524	J= 53, 0.35857	J= 55, 0.15648	J= 57, -0.04064	J= 59, -0.23362
J= 61, -1.42272	J= 63, -0.60733	J= 65, -0.49651	J= 67, -0.32151	J= 69, -0.29794
J= 71, -0.21612	J= 73, -0.14435	J= 75, -0.08276	J= 77, -0.02939	J= 79, -0.01398
J= 81, 0.04510	J= 83, 0.06777	J= 85, 0.05557	J= 87, 0.03679	J= 89, -0.00754
J= 91, 0.07132	J= 93, 0.15252	J= 95, 0.24708	J= 97, 0.35002	J= 99, 0.45498

U= 0.52117	TIE4P0= 5.10050	DTI= -.434E-11
U= 0.65423	TIE4P0= 5.20050	DTI= .218E-11
U= 0.73600	TIE4P0= 5.30050	DTI= .173E-12
U= 0.93813	TIE4P0= 5.40050	DTI= .177E-11
U= 1.02800	TIE4P0= 5.50050	DTI= -.426E-12
U= 1.24940	TIE4P0= 5.60050	DTI= .196E-12
U= 1.36557	TIE4P0= 5.70050	DTI= -.200E-11

U= 1.393757 TIE4PQ= 5.200507 DTE= .213E-12

U= 1.267257 TIE4PQ= 6.200507 DTE= .231E-11

PERFIL DE TEMPERATURAS

J= 1, -0.37073	J= 3, -0.73444	J= 5, -0.59257	J= 7, -0.44294	J= 9, -0.28405
J= 11, -0.11543	J= 13, 0.06226	J= 15, 0.12426	J= 17, 0.19486	J= 19, 0.27062
J= 21, 0.34854	J= 23, 0.42530	J= 25, 0.50007	J= 27, 0.55954	J= 29, 0.63279
J= 31, 0.68882	J= 33, 0.73679	J= 35, 0.77705	J= 37, 0.80919	J= 39, 0.83398
J= 41, 0.5231	J= 43, 0.55519	J= 45, 0.57344	J= 47, 0.57745	J= 49, 0.57691
J= 51, 0.57073	J= 53, 0.73444	J= 55, 0.59257	J= 57, 0.44294	J= 59, 0.28405
J= 61, 0.11543	J= 63, -0.16226	J= 65, -0.12426	J= 67, -0.19486	J= 69, -0.27062
J= 71, -0.34854	J= 73, -0.42530	J= 75, -0.50007	J= 77, -0.55954	J= 79, -0.63279
J= 81, -0.68882	J= 83, -0.73679	J= 85, -0.77705	J= 87, -0.80919	J= 89, -0.83398
J= 91, -0.5231	J= 93, -0.55519	J= 95, -0.57344	J= 97, -0.57745	J= 99, -0.57691

U= 1.11417 TIE4PQ= 6.100507 DTE= .240E-11

U= 0.926507 TIE4PQ= 6.200507 DTE= .276E-11

U= 0.773457 TIE4PQ= 6.300507 DTE= .939E-15

U= 0.651357 TIE4PQ= 6.400507 DTE= .255E-12

U= 0.577307 TIE4PQ= 6.500507 DTE= .210E-12

U= 0.574977 TIE4PQ= 6.600507 DTE= .723E-12

U= 0.521477 TIE4PQ= 6.700507 DTE= .195E-11

U= 0.791357 TIE4PQ= 6.800507 DTE= .146E-11

U= 0.815737 TIE4PQ= 6.900507 DTE= .236E-12

U= 0.951677 TIE4PQ= 7.000507 DTE= .512E-11

PERFIL DE TEMPERATURAS

J= 1, -0.09706	J= 3, 0.04632	J= 5, 0.18423	J= 7, 0.33051	J= 9, 0.48846
J= 11, 0.65951	J= 13, 0.84315	J= 15, 0.85911	J= 17, 0.85672	J= 19, 0.85745
J= 21, 0.82521	J= 23, 0.77625	J= 25, 0.70321	J= 27, 0.61403	J= 29, 0.51570
J= 31, 0.41566	J= 33, 0.32043	J= 35, 0.23515	J= 37, 0.16295	J= 39, 0.10574
J= 41, 0.05436	J= 43, 0.03901	J= 45, 0.02942	J= 47, 0.03495	J= 49, 0.05461
J= 51, 0.08716	J= 53, -0.04633	J= 55, -0.18423	J= 57, -0.33051	J= 59, -0.48846
J= 61, -0.65951	J= 63, -0.84315	J= 65, -0.85911	J= 67, -0.85672	J= 69, -0.85745

J= 11.	-0.41555	J= 33.	-0.32645	J= 55.	-0.23515	J= 77.	-0.16295	J= 99.	-0.10574
J= 12.	-0.45436	J= 34.	-0.36911	J= 56.	-0.27942	J= 78.	-0.21345	J= 100.	-0.14541
U=	1.022417	TIE4P0=	7.100507	DTE=	.275E-13				
U=	1.221757	TIE4P0=	7.200507	DTE=	-.370E-12				
U=	1.320427	TIE4P0=	7.300507	DTE=	.347E-11				
U=	1.368197	TIE4P0=	7.400507	DTE=	-.679E-11				
U=	1.341517	TIE4P0=	7.500507	DTE=	-.167E-11				
U=	1.240717	TIE4P0=	7.600507	DTE=	-.310E-12				
U=	1.094777	TIE4P0=	7.700507	DTE=	-.129E-11				
U=	0.938777	TIE4P0=	7.800507	DTE=	-.151E-11				
U=	0.773147	TIE4P0=	7.900507	DTE=	-.227E-11				
U=	0.603397	TIE4P0=	8.000507	DTE=	.146E-12				

 PERFIL DE TEMPERATURAS

J= 1.	-0.53512	J= 3.	-0.49573	J= 5.	-0.462312	J= 7.	-0.43531	J= 9.	-0.40325
J= 11.	-0.415476	J= 13.	-0.39553	J= 15.	-0.37316	J= 17.	-0.35506	J= 19.	-0.340574
J= 21.	-0.35737	J= 23.	-0.34470	J= 25.	-0.33635	J= 27.	-0.33465	J= 29.	-0.33684
J= 31.	-0.34679	J= 33.	-0.34625	J= 35.	-0.34554	J= 37.	-0.348104	J= 39.	-0.34950
J= 41.	-0.34777	J= 43.	-0.43322	J= 45.	-0.54352	J= 47.	-0.52750	J= 49.	-0.64405
J= 51.	-0.33512	J= 53.	-0.49873	J= 55.	-0.32312	J= 57.	-0.15531	J= 59.	-0.0325
J= 61.	-0.15476	J= 63.	-0.29953	J= 65.	-0.22316	J= 67.	-0.15806	J= 69.	-0.10574
J= 71.	-0.05737	J= 73.	-0.04470	J= 75.	-0.03635	J= 77.	-0.04465	J= 79.	-0.06840
J= 81.	-0.10629	J= 83.	-0.15625	J= 85.	-0.21554	J= 87.	-0.29104	J= 89.	-0.34950
J= 91.	-0.41777	J= 93.	-0.43322	J= 95.	-0.54352	J= 97.	-0.52750	J= 99.	-0.64405
U=	0.642937	TIE4P0=	8.100507	DTE=	-.211E-11				
U=	0.639777	TIE4P0=	8.200507	DTE=	-.437E-12				
U=	0.673717	TIE4P0=	8.300507	DTE=	.118E-11				
U=	0.744557	TIE4P0=	8.400507	DTE=	-.133E-11				
U=	0.846037	TIE4P0=	8.500507	DTE=	-.320E-11				
U=	0.965977	TIE4P0=	8.600507	DTE=	-.754E-12				
U=	1.090737	TIE4P0=	8.700507	DTE=	.714E-12				
U=	1.204937	TIE4P0=	8.800507	DTE=	-.215E-11				
U=	1.291917	TIE4P0=	8.900507	DTE=	.224E-11				

PERFIL DE TEMPERATURAS

J= 1, -0.53631	J= 3, -0.40197	J= 5, -0.21236	J= 7, -0.02069	J= 9, 0.17033
J= 11, 0.35834	J= 13, 0.54143	J= 15, 0.59736	J= 17, 0.64542	J= 19, 0.68501
J= 21, 0.71618	J= 23, 0.73936	J= 25, 0.75627	J= 27, 0.76777	J= 29, 0.77558
J= 31, 0.73173	J= 33, 0.73425	J= 35, 0.73740	J= 37, 0.73750	J= 39, 0.73398
J= 41, 0.72448	J= 43, 0.72700	J= 45, 0.72975	J= 47, 0.73209	J= 49, 0.73393
J= 51, 0.72031	J= 53, 0.71997	J= 55, 0.71836	J= 57, 0.71635	J= 59, 0.71033
J= 61, -0.35834	J= 63, -0.54143	J= 65, -0.59736	J= 67, -0.64542	J= 69, -0.68501
J= 71, -0.71618	J= 73, -0.73936	J= 75, -0.75627	J= 77, -0.76777	J= 79, -0.77558
J= 81, -0.73173	J= 83, -0.73425	J= 85, -0.73740	J= 87, -0.73750	J= 89, -0.73398
J= 91, -0.72448	J= 93, -0.72700	J= 95, -0.72975	J= 97, -0.73209	J= 99, -0.73393

U= 1.297417	TIL4P0= 9.100507	DTE= .2150-11
U= 1.205747	TIL4P0= 9.200507	DTE= -.4735-11
U= 1.77197	TIL4P0= 9.300507	DTE= .1322-15
U= 0.441577	TIL4P0= 9.400507	DTE= .3005-11
U= 0.523757	TIL4P0= 9.500507	DTE= -.1475-11
U= 0.738237	TIL4P0= 9.600507	DTE= -.4005-12
U= 0.688507	TIL4P0= 9.700507	DTE= .1415-11
U= 0.591777	TIL4P0= 9.800507	DTE= .3662-11
U= 0.714727	TIL4P0= 9.900507	DTE= -.1375-11
U= 0.781937	TIL4P0= 10.000507	DTE= .3312-11



PERFIL DE TEMPERATURAS

J= 1, -0.29559	J= 3, -0.13656	J= 5, 0.02981	J= 7, 0.21295	J= 9, 0.38108
J= 11, 0.56179	J= 13, 0.74256	J= 15, 0.79875	J= 17, 0.86218	J= 19, 0.80461
J= 21, 0.53919	J= 23, 0.46931	J= 25, 0.40036	J= 27, 0.33426	J= 29, 0.27430
J= 31, 0.22246	J= 33, 0.19027	J= 35, 0.14831	J= 37, 0.12832	J= 39, 0.12071
J= 41, 0.12433	J= 43, 0.13928	J= 45, 0.16622	J= 47, 0.20203	J= 49, 0.24577
J= 51, 0.29559	J= 53, 0.13656	J= 55, -0.02981	J= 57, -0.21295	J= 59, -0.38108
J= 61, -0.56179	J= 63, -0.74256	J= 65, -0.79875	J= 67, -0.86218	J= 69, -0.80461
J= 71, -0.53919	J= 73, -0.46931	J= 75, -0.40036	J= 77, -0.33426	J= 79, -0.27430
J= 81, -0.22246	J= 83, -0.19027	J= 85, -0.14831	J= 87, -0.12832	J= 89, -0.12071

U= 0.275747 TIE4P0= 10.100507 DTE= .393E-11
 U= 0.445527 TIE4P0= 10.200507 DTE= -.231E-11
 U= 1.007797 TIE4P0= 10.300507 DTE= .342E-11
 U= 1.137747 TIE4P0= 10.400507 DTE= -.437E-12
 U= 1.257517 TIE4P0= 10.500507 DTE= .275E-11
 U= 1.291637 TIE4P0= 10.600507 DTE= -.518E-11
 U= 1.356417 TIE4P0= 10.700507 DTE= -.932E-12
 U= 1.371177 TIE4P0= 10.800507 DTE= .173E-11
 U= 1.156097 TIE4P0= 10.900507 DTE= -.337E-12
 U= 0.936427 TIE4P0= 11.000507 DTE= .493E-11

 PERFIL DE TEMPERATURAS

J= 1. -0.72137	J= 3. -0.57572	J= 5. -0.42637	J= 7. -0.27996	J= 9. -0.13507
J= 11. 0.00934	J= 13. 0.15432	J= 15. 0.13819	J= 17. 0.13239	J= 19. 0.13390
J= 21. 0.15579	J= 23. 0.19316	J= 25. 0.21915	J= 27. 0.25229	J= 29. 0.31063
J= 31. 0.35279	J= 33. 0.41452	J= 35. 0.46634	J= 37. 0.51550	J= 39. 0.56112
J= 41. 0.60139	J= 43. 0.63756	J= 45. 0.66737	J= 47. 0.69303	J= 49. 0.71316
J= 51. 0.72137	J= 53. 0.57572	J= 55. 0.42637	J= 57. 0.27996	J= 59. 0.13507
J= 61. -0.00934	J= 63. -0.15432	J= 65. -0.13819	J= 67. -0.13239	J= 69. -0.13390
J= 71. -0.15579	J= 73. -0.19316	J= 75. -0.21915	J= 77. -0.25229	J= 79. -0.31063
J= 81. -0.35279	J= 83. -0.41452	J= 85. -0.46634	J= 87. -0.51550	J= 89. -0.56112
J= 91. -0.60137	J= 93. -0.63756	J= 95. -0.66737	J= 97. -0.69303	J= 99. -0.71316

U= 0.432347 TIE4P0= 11.100507 DTE= .532E-12
 U= 0.756417 TIE4P0= 11.200507 DTE= .291E-12
 U= 0.719357 TIE4P0= 11.300507 DTE= -.235E-11
 U= 0.713777 TIE4P0= 11.400507 DTE= -.655E-12
 U= 0.753577 TIE4P0= 11.500507 DTE= -.137E-11
 U= 0.616997 TIE4P0= 11.600507 DTE= .124E-11
 U= 0.406347 TIE4P0= 11.700507 DTE= -.410E-12
 U= 1.077097 TIE4P0= 11.800507 DTE= .346E-12
 U= 1.105647 TIE4P0= 11.900507 DTE= .224E-11
 U= 1.191577 TIE4P0= 12.000507 DTE= .155E-11

J= 1.	-0.29234	J= 3.	-0.11756	J= 5.	0.05235	J= 7.	0.21362	J= 9.	0.37992
J= 11.	0.53775	J= 13.	0.69173	J= 15.	0.71735	J= 17.	0.71995	J= 19.	0.72887
J= 21.	0.73520	J= 23.	0.73915	J= 25.	0.74047	J= 27.	0.75832	J= 29.	0.73173
J= 31.	0.71922	J= 33.	0.69955	J= 35.	0.67227	J= 37.	0.53771	J= 39.	0.59451
J= 41.	0.54619	J= 43.	0.49398	J= 45.	0.44012	J= 47.	0.38718	J= 49.	0.33723
J= 51.	0.29234	J= 53.	0.11756	J= 55.	-0.05235	J= 57.	-0.21362	J= 59.	-0.37992
J= 61.	-0.53775	J= 63.	-0.69173	J= 65.	-0.70735	J= 67.	-0.71995	J= 69.	-0.72887
J= 71.	-0.73520	J= 73.	-0.73915	J= 75.	-0.74047	J= 77.	-0.73832	J= 79.	-0.73173
J= 81.	-0.71922	J= 83.	-0.69955	J= 85.	-0.67227	J= 87.	-0.63771	J= 89.	-0.59451
J= 91.	-0.54619	J= 93.	-0.49398	J= 95.	-0.44012	J= 97.	-0.38718	J= 99.	-0.33723

U= 1.243557	TEMPD= 12.100507	DTE=-.136E-11
U= 1.257657	TEMPD= 12.200507	DTE=-.327E-12
U= 1.213407	TEMPD= 12.300507	DTE=-.337E-12
U= 1.137157	TEMPD= 12.400507	DTE=-.610E-12
U= 1.032917	TEMPD= 12.500507	DTE=-.330E-11
U= 0.927367	TEMPD= 12.600507	DTE=-.212E-11
U= 0.835417	TEMPD= 12.700507	DTE=-.202E-11
U= 0.776567	TEMPD= 12.800507	DTE=-.455E-12
U= 0.747717	TEMPD= 12.900517	DTE=-.553E-11
U= 0.752947	TEMPD= 13.000507	DTE=-.218E-11

PERFIL DE TEMPERATURAS

J= 1.	-0.45110	J= 3.	-0.27930	J= 5.	-0.10671	J= 7.	0.06726	J= 9.	0.23911
J= 11.	0.40845	J= 13.	0.57458	J= 15.	0.52351	J= 17.	0.46954	J= 19.	0.41538
J= 21.	0.36353	J= 23.	0.31612	J= 25.	0.27433	J= 27.	0.24097	J= 29.	0.21557
J= 31.	0.17995	J= 33.	0.19195	J= 35.	0.19421	J= 37.	0.20551	J= 39.	0.22519
J= 41.	0.25230	J= 43.	0.28550	J= 45.	0.32356	J= 47.	0.36494	J= 49.	0.40783
J= 51.	0.45110	J= 53.	0.27930	J= 55.	0.10601	J= 57.	-0.06726	J= 59.	-0.23911
J= 61.	-0.40845	J= 63.	-0.57458	J= 65.	-0.52351	J= 67.	-0.46954	J= 69.	-0.41538
J= 71.	-0.36353	J= 73.	-0.31612	J= 75.	-0.27433	J= 77.	-0.24097	J= 79.	-0.21550
J= 81.	-0.17995	J= 83.	-0.19195	J= 85.	-0.19421	J= 87.	-0.20551	J= 89.	-0.22519
J= 91.	-0.25230	J= 93.	-0.28550	J= 95.	-0.32356	J= 97.	-0.36494	J= 99.	-0.40738

U= 0.933907 TTEMPD= 13.200507 DTE= .545E-11
 U= 0.936367 TTEMPD= 13.300507 DTE= -.273E-11
 U= 1.027437 TTEMPD= 13.400507 DTE= -.207E-11
 U= 1.115137 TTEMPD= 13.500507 DTE= -.113E-11
 U= 1.135177 TTEMPD= 13.500507 DTE= .213E-11
 U= 1.226777 TTEMPD= 13.700507 DTE= -.153E-11
 U= 1.226537 TTEMPD= 13.500507 DTE= .133E-11
 U= 1.192537 TTEMPD= 13.400507 DTE= -.296E-11
 U= 1.174937 TTEMPD= 14.000507 DTE= .295E-11

 PERFIL DE TEMPERATURAS

J= 1, -0.70352	J= 3, -0.55519	J= 5, -0.40549	J= 7, -0.25543	J= 9, -0.09817
J= 11, 0.05833	J= 13, 0.22373	J= 15, 0.44847	J= 17, 0.67973	J= 19, 0.91611
J= 21, 0.35696	J= 23, 0.39779	J= 25, 0.44635	J= 27, 0.43175	J= 29, 0.32095
J= 31, 0.05719	J= 33, 0.53951	J= 35, 0.61733	J= 37, 0.64193	J= 39, 0.66183
J= 41, -0.07735	J= 43, 0.69010	J= 45, 0.69370	J= 47, 0.77402	J= 49, 0.70567
J= 51, 0.70352	J= 53, 0.55519	J= 55, 0.40549	J= 57, 0.25543	J= 59, 0.09317
J= 61, -0.05833	J= 63, -0.22373	J= 65, -0.24847	J= 67, -0.27973	J= 69, -0.31611
J= 71, -0.35696	J= 73, -0.39779	J= 75, -0.44635	J= 77, -0.43175	J= 79, -0.52095
J= 81, -0.55719	J= 83, -0.53951	J= 85, -0.61733	J= 87, -0.64193	J= 89, -0.66183
J= 91, -0.07735	J= 93, -0.69010	J= 95, -0.69370	J= 97, -0.77402	J= 99, -0.70567

U= 1.014577 TTEMPD= 14.100507 DTE= .437E-11
 U= 0.914237 TTEMPD= 14.200507 DTE= .175E-11
 U= 1.042517 TTEMPD= 14.300507 DTE= .251E-11
 U= 0.792577 TTEMPD= 14.400507 DTE= .946E-12
 U= 0.772947 TTEMPD= 14.500507 DTE= -.333E-11
 U= 0.734307 TTEMPD= 14.600507 DTE= -.513E-11
 U= 0.623727 TTEMPD= 14.700507 DTE= -.455E-12
 U= 0.395117 TTEMPD= 14.800507 DTE= .253E-11
 U= 0.363517 TTEMPD= 14.900507 DTE= .271E-11

INTERRUPCION DEL TERMOSIFON.

S12=0.125, S23=0.125, S34=0.25, S45=0.125, S56=0.125, S61=0.25, F=2.0, DELT=0.0005, DELS=0.01, IMAX=30000

RESULTADOS

U= 1.00000; TIE4P0= 0.10050; DET=-.909E-11

PERFIL DE TEMPERATURAS

J= 1,	0.00000	J= 3,	0.23950	J= 5,	0.39950	J= 7,	0.55950	J= 9,	0.71950
J= 11,	0.87950	J= 13,	1.03950	J= 15,	1.00000	J= 17,	1.00000	J= 19,	1.00000
J= 21,	1.00000	J= 23,	1.00000	J= 25,	1.00000	J= 27,	1.00000	J= 29,	1.00000
J= 31,	1.00000	J= 33,	1.00000	J= 35,	1.00000	J= 37,	1.00000	J= 39,	1.00000
J= 41,	1.00000	J= 43,	1.00000	J= 45,	1.00000	J= 47,	1.00000	J= 49,	1.00000
J= 51,	1.00000	J= 53,	0.76050	J= 55,	0.61050	J= 57,	0.46050	J= 59,	0.31050
J= 61,	0.12050	J= 63,	-0.03950	J= 65,	0.00000	J= 67,	0.00000	J= 69,	0.00000
J= 71,	0.00000	J= 73,	0.00000	J= 75,	0.00000	J= 77,	0.00000	J= 79,	0.00000
J= 81,	0.00000	J= 83,	0.00000	J= 85,	0.00000	J= 87,	0.00000	J= 89,	0.00000
J= 91,	0.00000	J= 93,	0.00000	J= 95,	0.00000	J= 97,	0.00000	J= 99,	0.00000

U= 1.00470; TIE4P0= 0.10050; DET=-.132E-11

U= 0.99990; TIE4P0= 0.20050; DET= .132E-11

U= 0.99990; TIE4P0= 0.30050; DET= .726E-11

U= 0.99990; TIE4P0= 0.40050; DET=0.

U= 0.99990; TIE4P0= 0.50050; DET= .132E-11

U= 0.77950; TIE4P0= 0.60050; DET= .146E-10

U= 0.70000; TIE4P0= 0.70050; DET=-.546E-11

U= 0.61637; TIE4P0= 0.80050; DET=-.354E-11

U= 0.52233; TIE4P0= 0.90050; DET=-.132E-11

U= 0.43877; TIE4P0= 1.00050; DET= .132E-11

PERFIL DE TEMPERATURAS

J= 1,	-0.00000	J= 3,	0.10000	J= 5,	0.20177	J= 7,	0.31331	J= 9,	0.45199
J= 11,	0.13225	J= 13,	0.25215	J= 15,	0.39716	J= 17,	0.55191	J= 19,	0.70191
J= 21,	0.82916	J= 23,	0.91834	J= 25,	0.96636	J= 27,	0.98936	J= 29,	0.99739
J= 31,	0.99946	J= 33,	0.99991	J= 35,	0.99999	J= 37,	1.00000	J= 39,	1.00000
J= 41,	1.00000	J= 43,	1.00000	J= 45,	1.00000	J= 47,	1.00000	J= 49,	1.00000

J= 61.	0.38775	J= 63.	0.74735	J= 65.	0.50234	J= 67.	0.44879	J= 69.	0.29809
J= 71.	0.17024	J= 73.	0.08156	J= 75.	0.03124	J= 77.	0.01014	J= 79.	0.00261
J= 81.	0.01054	J= 83.	0.00019	J= 85.	0.00011	J= 87.	0.00010	J= 89.	0.00000
J= 91.	0.00000	J= 93.	-0.00070	J= 95.	-0.00070	J= 97.	-0.00000	J= 99.	-0.00000

U=	0.349617	TIE4P0=	1.100507	DET=0.
U=	0.252507	TIE4P0=	1.200507	DET= .182E-11
U=	0.172477	TIE4P0=	1.300507	DET=-.346E-11
U=	0.100027	TIE4P0=	1.400507	DET= .132E-11
U=	0.025847	TIE4P0=	1.500507	DET=-.364E-11
U=	-0.039067	TIE4P0=	1.600507	DET=0.
U=	-0.099577	TIE4P0=	1.700507	DET=-.132E-11
U=	-0.151837	TIE4P0=	1.800507	DET=-.132E-11
U=	-0.196157	TIE4P0=	1.900507	DET= .132E-11
U=	-0.232247	TIE4P0=	2.000507	DET=-.132E-11

 PERFIL DE TEMPERATURAS

J= 1.	-0.00000	J= 3.	0.00034	J= 5.	0.00107	J= 7.	0.00390	J= 9.	0.03291
J= 11.	0.17475	J= 13.	0.21152	J= 15.	0.34659	J= 17.	0.50059	J= 19.	0.65264
J= 21.	0.78779	J= 23.	0.88977	J= 25.	0.95252	J= 27.	0.98313	J= 29.	0.99508
J= 31.	0.99672	J= 33.	0.99977	J= 35.	0.99996	J= 37.	1.00000	J= 39.	1.00000
J= 41.	1.00000	J= 43.	1.00010	J= 45.	1.00000	J= 47.	1.00000	J= 49.	1.00000
J= 51.	1.00000	J= 53.	0.99996	J= 55.	0.99993	J= 57.	0.99110	J= 59.	0.96199
J= 61.	0.89554	J= 63.	0.78848	J= 65.	0.65131	J= 67.	0.49941	J= 69.	0.34736
J= 71.	0.21241	J= 73.	0.11011	J= 75.	0.04740	J= 77.	0.01637	J= 79.	0.00492
J= 81.	0.00113	J= 83.	0.00023	J= 85.	0.00004	J= 87.	0.00000	J= 89.	0.00000
J= 91.	0.00000	J= 93.	-0.00000	J= 95.	-0.00000	J= 97.	-0.00000	J= 99.	-0.00000

U=	-0.251737	TIE4P0=	2.100507	DET=-.132E-11
U=	-0.233157	TIE4P0=	2.200507	DET=0.
U=	-0.227247	TIE4P0=	2.300507	DET= .132E-11
U=	-0.304457	TIE4P0=	2.400507	DET=-.364E-11
U=	-0.305237	TIE4P0=	2.500507	DET=-.364E-11
U=	-0.300297	TIE4P0=	2.600507	DET= .132E-11
U=	-0.291117	TIE4P0=	2.700507	DET= .132E-11

U= -0.25690; TIE4P0= 2.90050; DET=-.132E-11

U= -0.23523; TIE4P0= 3.00050; DET= .546E-11

PERFIL DE TEMPERATURAS

J= 1, -0.00000	J= 3, 0.00000	J= 5, 0.01357	J= 7, 0.06336	J= 9, 0.16500
J= 11, 0.30473	J= 13, 0.46095	J= 15, 0.61999	J= 17, 0.77014	J= 19, 0.88845
J= 21, 0.95355	J= 23, 0.98646	J= 25, 0.99751	J= 27, 0.99954	J= 29, 0.99996
J= 31, 1.00000	J= 33, 1.00000	J= 35, 1.00000	J= 37, 1.00000	J= 39, 1.00000
J= 41, 1.00000	J= 43, 1.00000	J= 45, 1.00000	J= 47, 1.00000	J= 49, 1.00000
J= 51, 1.00000	J= 53, 0.99992	J= 55, 0.98644	J= 57, 0.93664	J= 59, 0.83500
J= 61, 0.99517	J= 63, 0.93913	J= 65, 0.83071	J= 67, 0.72936	J= 69, 0.61155
J= 71, 0.60414	J= 73, 0.61154	J= 75, 0.60023	J= 77, 0.60000	J= 79, 0.60000
J= 81, 0.60000	J= 83, -0.00000	J= 85, -0.00000	J= 87, -0.00000	J= 89, -0.00000
J= 91, -0.00000	J= 93, -0.00000	J= 95, -0.00000	J= 97, -0.00000	J= 99, -0.00000

U= -0.01125; TIE4P0= 3.10050; DET= .164E-10

U= -0.13547; TIE4P0= 3.20050; DET= .132E-11

U= -0.15266; TIE4P0= 3.30050; DET= .939E-11

U= -0.13137; TIE4P0= 3.40050; DET=-.132E-11

U= -0.10413; TIE4P0= 3.50050; DET=-.723E-11

U= -0.07759; TIE4P0= 3.60050; DET=0.

U= -0.05206; TIE4P0= 3.70050; DET=-.364E-11

U= -0.02797; TIE4P0= 3.80050; DET= .132E-11

U= -0.00563; TIE4P0= 3.90050; DET= .364E-11

U= 0.01459; TIE4P0= 4.00050; DET= .132E-11

PERFIL DE TEMPERATURAS

J= 1, -0.00000	J= 3, 0.00313	J= 5, 0.03223	J= 7, 0.11688	J= 9, 0.25101
J= 11, 0.40630	J= 13, 0.56713	J= 15, 0.72499	J= 17, 0.86159	J= 19, 0.94902
J= 21, 0.98630	J= 23, 0.99755	J= 25, 0.99973	J= 27, 0.99998	J= 29, 1.00000
J= 31, 1.00000	J= 33, 1.00000	J= 35, 1.00000	J= 37, 1.00000	J= 39, 1.00000
J= 41, 1.00000	J= 43, 1.00000	J= 45, 1.00000	J= 47, 1.00000	J= 49, 1.00000
J= 51, 1.00000	J= 53, 0.99633	J= 55, 0.96777	J= 57, 0.83312	J= 59, 0.74899
J= 61, 0.69330	J= 63, 0.43272	J= 65, 0.27501	J= 67, 0.13341	J= 69, 0.05093

J= 11	0.00000	J= 13	0.00000	J= 15	0.00000	J= 17	0.00000	J= 19	0.00000
J= 31	-0.00000	J= 33	-0.00000	J= 35	-0.00000	J= 37	-0.00000	J= 39	-0.00000
J= 51	-0.00000	J= 53	-0.00000	J= 55	-0.00000	J= 57	-0.00000	J= 59	-0.00000
U=	0.03277	TIE4P0=	4.10050	DET=	.354E-11				
U=	0.04355	TIE4P0=	4.20050	DET=	.540E-11				
U=	0.05197	TIE4P0=	4.30050	DET=	.354E-11				
U=	0.07277	TIE4P0=	4.40050	DET=	-.540E-11				
U=	0.08125	TIE4P0=	4.50050	DET=	.540E-11				
U=	0.08737	TIE4P0=	4.60050	DET=	-.132E-11				
U=	0.09177	TIE4P0=	4.70050	DET=	.132E-11				
U=	0.09315	TIE4P0=	4.80050	DET=	.132E-11				
U=	0.09270	TIE4P0=	4.90050	DET=	-.354E-11				
U=	0.09097	TIE4P0=	5.00050	DET=	.354E-11				

PERFIL DE TEMPERATURAS

J= 1	0.00000	J= 3	0.00144	J= 5	0.01813	J= 7	0.07814	J= 9	0.19296
J= 11	0.33727	J= 13	0.49541	J= 15	0.65455	J= 17	0.80134	J= 19	0.91074
J= 21	0.97114	J= 23	0.99253	J= 25	0.99859	J= 27	0.99934	J= 29	0.99999
J= 31	1.00000	J= 33	1.00000	J= 35	1.00000	J= 37	1.00000	J= 39	1.00000
J= 41	1.00000	J= 43	1.00000	J= 45	1.00000	J= 47	1.00000	J= 49	1.00000
J= 51	1.00000	J= 53	0.99856	J= 55	0.98187	J= 57	0.92186	J= 59	0.80904
J= 61	0.66273	J= 63	0.59459	J= 65	0.34547	J= 67	0.19256	J= 69	0.03926
J= 71	0.02976	J= 73	0.00737	J= 75	0.00131	J= 77	0.00016	J= 79	0.00001
J= 81	0.00000	J= 83	-0.00000	J= 85	-0.00000	J= 87	-0.00000	J= 89	-0.00000
J= 91	-0.00000	J= 93	-0.00000	J= 95	-0.00000	J= 97	-0.00000	J= 99	-0.00000
U=	0.03754	TIE4P0=	5.10050	DET=	.540E-11				
U=	0.03275	TIE4P0=	5.20050	DET=	0.				
U=	0.07635	TIE4P0=	5.30050	DET=	.132E-11				
U=	0.07005	TIE4P0=	5.40050	DET=	0.				
U=	0.06257	TIE4P0=	5.50050	DET=	.354E-11				
U=	0.05461	TIE4P0=	5.60050	DET=	-.132E-11				
U=	0.04637	TIE4P0=	5.70050	DET=	0.				
U=	0.03604	TIE4P0=	5.80050	DET=	.132E-11				

U= 0.03174; TIE4P0= 6.00050; DET= .725E-11

PERFIL DE TEMPERATURAS

J= 1.	-0.00000	J= 3.	0.00074	J= 5.	0.01090	J= 7.	0.05397	J= 9.	0.14732
J= 11.	0.29155	J= 13.	0.43558	J= 15.	0.59446	J= 17.	0.74655	J= 19.	0.87067
J= 21.	0.94852	J= 23.	0.98448	J= 25.	0.99646	J= 27.	0.99940	J= 29.	0.99993
J= 31.	1.00000	J= 33.	1.00000	J= 35.	1.00000	J= 37.	1.00000	J= 39.	1.00000
J= 41.	1.00000	J= 43.	1.00000	J= 45.	1.00000	J= 47.	1.00000	J= 49.	1.00000
J= 51.	1.00000	J= 53.	0.99975	J= 55.	0.99890	J= 57.	0.94673	J= 59.	0.85258
J= 61.	0.71535	J= 63.	0.55442	J= 65.	0.40554	J= 67.	0.25345	J= 69.	0.12933
J= 71.	0.05133	J= 73.	0.01552	J= 75.	0.00354	J= 77.	0.00050	J= 79.	0.00007
J= 81.	0.00001	J= 83.	0.00000	J= 85.	-0.00000	J= 87.	-0.00000	J= 89.	-0.00000
J= 91.	-0.00000	J= 93.	-0.00000	J= 95.	-0.00000	J= 97.	-0.00000	J= 99.	-0.00000

U= 0.01403; TIE4P0= 6.10050; DET= .546E-11

U= 0.00633; TIE4P0= 6.20050; DET= .132E-11

U= 0.00010; TIE4P0= 6.30050; DET= .354E-11

U= -0.00577; TIE4P0= 6.40050; DET= .546E-11

U= -0.01122; TIE4P0= 6.50050; DET= .132E-11

U= -0.01575; TIE4P0= 6.60050; DET= .132E-11

U= -0.01974; TIE4P0= 6.70050; DET= .354E-11

U= -0.02296; TIE4P0= 6.80050; DET= .132E-11

U= -0.02577; TIE4P0= 6.90050; DET= .546E-11

U= -0.02700; TIE4P0= 7.00050; DET= 0.

PERFIL DE TEMPERATURAS

J= 1.	-0.00000	J= 3.	0.00031	J= 5.	0.01170	J= 7.	0.05686	J= 9.	0.15287
J= 11.	0.23974	J= 13.	0.44370	J= 15.	0.60259	J= 17.	0.75421	J= 19.	0.87653
J= 21.	0.95197	J= 23.	0.98535	J= 25.	0.99687	J= 27.	0.99949	J= 29.	0.99994
J= 31.	1.00000	J= 33.	1.00000	J= 35.	1.00000	J= 37.	1.00000	J= 39.	1.00000
J= 41.	1.00000	J= 43.	1.00000	J= 45.	1.00000	J= 47.	1.00000	J= 49.	1.00000
J= 51.	1.00000	J= 53.	0.99919	J= 55.	0.99830	J= 57.	0.94314	J= 59.	0.84713
J= 61.	0.71096	J= 63.	0.55630	J= 65.	0.39731	J= 67.	0.24579	J= 69.	0.12347
J= 71.	0.04673	J= 73.	0.01415	J= 75.	0.00313	J= 77.	0.00051	J= 79.	0.00006

J= 91, -0.00000	J= 93, -0.00000	J= 95, -0.00000	J= 97, -0.00000	J= 99, -0.00000
U= -0.028037 TIE4P0= 7.100507 DET=0.				
U= -0.028427 TIE4P0= 7.200507 DET=-.132E-11				
U= -0.028817 TIE4P0= 7.300507 DET=-.132E-11				
U= -0.029207 TIE4P0= 7.400507 DET=-.154E-10				
U= -0.029597 TIE4P0= 7.500507 DET= .546E-11				
U= -0.029987 TIE4P0= 7.600507 DET=-.132E-11				
U= -0.030377 TIE4P0= 7.700507 DET=-.546E-11				
U= -0.030767 TIE4P0= 7.800507 DET=-.354E-11				
U= -0.031157 TIE4P0= 8.000507 DET= .354E-11				

 PERFIL DE TEMPERATURAS

J= 1, 0.00000	J= 3, 0.00116	J= 5, 0.01442	J= 7, 0.05626	J= 9, 0.17023
J= 11, 0.31137	J= 13, 0.46812	J= 15, 0.62729	J= 17, 0.77682	J= 19, 0.89335
J= 21, 0.96113	J= 23, 0.98945	J= 25, 0.99735	J= 27, 0.99959	J= 29, 0.99997
J= 31, 1.00000	J= 33, 1.00000	J= 35, 1.00000	J= 37, 1.00000	J= 39, 1.00000
J= 41, 1.00000	J= 43, 1.00000	J= 45, 1.00000	J= 47, 1.00000	J= 49, 1.00000
J= 51, 1.00000	J= 53, 0.99874	J= 55, 0.98558	J= 57, 0.93374	J= 59, 0.82972
J= 61, 0.78343	J= 63, 0.53135	J= 65, 0.37271	J= 67, 0.22316	J= 69, 0.10665
J= 71, 0.03832	J= 73, 0.01034	J= 75, 0.00212	J= 77, 0.00031	J= 79, 0.00003
J= 81, 0.00000	J= 83, -0.00000	J= 85, -0.00000	J= 87, -0.00000	J= 89, -0.00000
J= 91, -0.00000	J= 93, -0.00000	J= 95, -0.00000	J= 97, -0.00000	J= 99, -0.00000

U= -0.013557 TIE4P0= 8.100507 DET= .132E-11				
U= -0.011027 TIE4P0= 8.200507 DET=0.				
U= -0.008517 TIE4P0= 8.300507 DET=-.132E-11				
U= -0.006007 TIE4P0= 8.400507 DET=0.				
U= -0.003767 TIE4P0= 8.500507 DET= .728E-11				
U= -0.001597 TIE4P0= 8.600507 DET= .546E-11				
U= 0.000407 TIE4P0= 8.700507 DET=-.546E-11				
U= 0.002197 TIE4P0= 8.800507 DET=-.132E-11				
U= 0.003777 TIE4P0= 8.900507 DET= .132E-11				
U= 0.005117 TIE4P0= 9.000507 DET=-.132E-11				

PERFIL DE TEMPERATURAS

J= 1,	-0.07000	J= 3,	0.00112	J= 5,	0.01426	J= 7,	0.06874	J= 9,	0.17340
J= 11,	0.31561	J= 13,	0.47243	J= 15,	0.63161	J= 17,	0.78075	J= 19,	0.89620
J= 21,	0.96268	J= 23,	0.99072	J= 25,	0.99803	J= 27,	0.99972	J= 29,	0.99997
J= 31,	1.00000	J= 33,	1.00000	J= 35,	1.00000	J= 37,	1.00000	J= 39,	1.00000
J= 41,	1.00000	J= 43,	1.00000	J= 45,	1.00000	J= 47,	1.00000	J= 49,	1.00000
J= 51,	1.00000	J= 53,	0.99835	J= 55,	0.98514	J= 57,	0.93126	J= 59,	0.82654
J= 61,	0.68440	J= 63,	0.52757	J= 65,	0.36839	J= 67,	0.21925	J= 69,	0.10380
J= 71,	0.03732	J= 73,	0.00596	J= 75,	0.00197	J= 77,	0.00028	J= 79,	0.00003
J= 81,	0.00000	J= 83,	-0.00000	J= 85,	-0.00000	J= 87,	-0.00000	J= 89,	-0.00000
J= 91,	-0.00000	J= 93,	-0.00000	J= 95,	-0.00000	J= 97,	-0.00000	J= 99,	-0.00000

U= 0.005277 TIE4PO= 9.100507 DET= .364E-11

U= 0.007177 TIE4PO= 9.200507 DET=0.

U= 0.007357 TIE4PO= 9.300507 DET= .132E-11

U= 0.008337 TIE4PO= 9.400507 DET= .132E-11

U= 0.008577 TIE4PO= 9.500507 DET=0.

U= 0.008677 TIE4PO= 9.600507 DET= .132E-11