

JAERI-M

6451

大型核融合装置のポロイダル磁場コイル
配置の最適設計

(臨界プラズマ試験装置設計報告 : XVI)

1976年3月

小林 朋文^{*}・谷 啓二・竹田 辰興・小林 哲郎^{**}
鳴田 隆一・田村 早苗・吉田 吉^{***}

この報告書は、日本原子力研究所が JAERI-M レポートとして、不定期に刊行している研究報告書です。入手、複製などのお問い合わせは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしください。

JAERI-M reports, issued irregularly, describe the results of research works carried out in JAERI. Inquiries about the availability of reports and their reproduction should be addressed to Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan.

核 研 究 所 技 術 情 報 部
TECHNICAL INFORMATION DIVISION

大型核融合装置のポロイダル磁場コイル配置の最適設計
(臨界プラズマ試験装置設計報告・XVI)

日本原子力研究所東海研究所核融合研究部
小林朋文*・谷 啓二・竹田辰興・小林哲郎**
嶋田隆一・田村早苗・吉田吉一***

(1976年2月9日受理)

大型核融合装置のポロイダル磁場コイルの配置を決める方法として、非線形計画法の一つ simplex 法を用いる手法を開発し、臨界プラズマ試験装置(トカマク型)の設計に応用した。この手法には二つの機能、(1) (R, Z) 2次元空間内でコイル位置を探索する、(2)複数個のコイルの相対位置が変わらないように動きうる、が備わっている。これによってポロイダル磁場コイルの配置不能な禁止領域がいかなるものでも、その制限下での最適化が可能である。

* 外来研究員: 日立製作所原子力研究所

** 外来研究員: 富士電機製造

*** 特別研究生: 東北大学

Optimum Design of the Poloidal Field Coils of a
Large Fusion Device

Tomofumi KOBAYASHI*, Keiji TANI, Tatsuoki TAKEDA,
Tetsuro KABAYASHI**, Ryuiti SHIMADA,
Sanae TAMURA, and Yoshikazu YOSHIDA***

Division of Thermonuclear Fusion Research, Tokai, JAERI
(Received February 9, 1976)

A numerical method to determine optimum configuration of the poloidal field coils of a large tokamak is described.

A simplex method of non-linear programming is used for optimization calculation. To meet various requirements in design of the tokamak, the optimization procedure in an arbitrary area in the two-dimensional space is developed. It is also applicable to the case where the relative position of a specific group of coils must be fixed in a given area.

* Atomic Energy Research Laboratory, Hitachi, Ltd.

** Fuji Electric Co. Ltd.

*** Tohoku University

目 次

1. はじめに.....	1
2. 計算方法.....	1
3. 計算結果.....	4
4. まとめ.....	16
5. 参考文献.....	17
付 録.....	18
インプット・マニュアルおよびプログラムリスト.....	22

1. はじめに

トカマク型装置のポロイダル磁場コイルの配置を決定する方法として、線形計画法を用いる方法、Zakharov の方程式を解く方法¹⁾ および非線形計画法を用いる方法²⁾ がすでに開発された。線形計画法を用いる方法は、コイル位置を固定し、所要の磁場配位を得るためにそのコイルに流すべき電流値を決めるものであり、一般に各コイルに流れる電流比が整数比にならない(実際の装置では各位置相互間の電流比はコイル巻数比になるため、整数比になるべきである)。このため、線形計画法を用いて得られる結果を整数比になるよう電流値を丸める際に、不整磁場が大きくなるという欠点を持っている。これに対し、Zakharov の方法は、コイルを配置すべき閉路 C を指定し、閉路 C で囲まれた空間に所要の磁場を与える、閉路 C 上の面電流分布を求め、この面電流分布を与えられた巻数比の重みに従って分割し、コイル配置を決定するものである。したがって、Zakharov の方法により得られる各コイルの電流値は整数比になっているものの、位置が自動的に決定されるため装置に必要な観測孔や入射孔などを設けるための禁止領域(ポロイダル磁場コイルの配置できない空間)にコイルが配置される場合がある。また、2) の非線形計画法を用いて最適化する方法では、探索する空間がポロイダル面での閉路 C の一部である一次元空間として設定する。禁止領域が多くなると一次元空間で探索するかぎり、所要の磁場から大きくずれた状態で解が収束してしまう。これらの欠点を除き、指定した 2 次元空間内で最適なコイル配置を探索できる方法を開発する必要がある、設計作業が進行するにつれて強くなってきた。この方法に要求される機能は、1) コイルの動きうる空間は (R, Z) 2 次元 (Z 軸はトーラス中心軸) 空間内であること、2) 複数個の線電流の相対位置が変わらないように動きうること、などである。1) の機能は、最適化を行なうにあたって探索する空間をコイル設置可能な許容空間内でできるだけ広くとるために必要であり、2) の機能は複数個のコイルを 1 ヶ所に巻く場合に電流値そのものを巻数倍するよりは現実に近いモデルで最適化するのに必要な機能である。

本報告は上述の要求を満たすべく開発した非線形計画法 - simplex³⁾ 法によるポロイダル磁場コイル配置の最適設計法に関するものである。2 で計算方法を述べ、この方法で臨界プラズマ試験装置の設計に応用した結果を 3 で述べる。

2. 計算方法

simplex 法そのものについてはごく簡単な説明にとどめる。simplex 法はいわゆる非線形計画法の一つであり、非線形な評価関数と、線形および非線形な制約条件を与え、制約条件を満たす範囲で評価関数を最小化する手法である。すなわち n 次元空間で $n+1$ ヶの頂点を持つ多体面を構成し、それぞれの頂点を、反射、伸縮、回転などの操作を、ある規則性を持たせながら繰返し、評価関数を最小にする頂点を捜し出す手法である。この方法は最大勾配法と異なり評価関数の一次導関数を与える必要がなく、比較的簡単に定式化することができる。この

1. はじめに

トカマク型装置のポロイダル磁場コイルの配置を決定する方法として、線形計画法を用いる方法、Zakharovの方程式を解く方法¹⁾および非線形計画法を用いる方法²⁾がすでに開発された。線形計画法を用いる方法は、コイル位置を固定し、所要の磁場配位を得るためにそのコイルに流すべき電流値を決めるものであり、一般に各コイルに流れる電流比が整数比にならない(実際の装置では各位置相互間の電流比はコイル巻数比になるため、整数比になるべきである)。このため、線形計画法を用いて得られる結果を整数比になるよう電流値を丸める際に、不整磁場が大きくなるという欠点を持っている。これに対し、Zakharovの方法は、コイルを配置すべき閉路Cを指定し、閉路Cで囲まれた空間に所要の磁場を与える、閉路C上の面電流分布を求め、この面電流分布を与えられた巻数比の重みに従って分割し、コイル配置を決定するものである。したがって、Zakharovの方法により得られる各コイルの電流値は整数比になっているものの、位置が自動的に決定されるため装置に必要な観測孔や入射孔などを設けるための禁止領域(ポロイダル磁場コイルの配置できない空間)にコイルが配置される場合がある。また、2)の非線形計画法を用いて最適化する方法では、探索する空間がポロイダル面での閉路Cの一部である一次元空間として設定する。禁止領域が多くなると一次元空間で探索するかぎり、所要の磁場から大きくずれた状態で解が収束してしまう。これらの欠点を除き、指定した2次元空間内で最適なコイル配置を探索できる方法を開発する必要がある、設計作業が進行するにつれて強くなってきた。この方法に要求される機能は、1) コイルの動きうる空間は(R, Z) 2次元(Z軸はトーラス中心軸)空間内であること、2) 複数個の線電流の相対位置が変わらないように動きうること、などである。1)の機能は、最適化を行なうにあたって探索する空間をコイル設置可能な許容空間内でできるだけ広くとるために必要であり、2)の機能は複数個のコイルを1ヶ所に巻く場合に電流値そのものを巻数倍するよりは現実に近いモデルで最適化するのに必要な機能である。

本報告は上述の要求を満たすべく開発した非線形計画法—simplex³⁾法によるポロイダル磁場コイル配置の最適設計法に関するものである。2で計算方法を述べ、この方法で臨界プラズマ試験装置の設計に応用した結果を3で述べる。

2. 計算方法

simplex法そのものについてはごく簡単な説明にとどめる。simplex法はいわゆる非線形計画法の一つであり、非線形な評価関数と、線形および非線形な制約条件を与え、制約条件を満たす範囲で評価関数を最小化する手法である。すなわちn次元空間でn+1ヶの頂点を持つ多体面を構成し、それぞれの頂点を、反射、伸縮、回転などの操作を、ある規則性を持たせながら繰返し、評価関数を最小にする頂点を捜し出す手法である。この方法は最大勾配法と異なり評価関数の一次導関数を与える必要がなく、比較的簡単に定式化することができる。この

計算では著者の一人竹田が文献 3) を基にして作成したプログラムをほとんどブラックボックスとして使用した。

非線形計画法の問題として、コイルの最適配置を定式化する場合に、評価関数のとり方と、変数の選び方がポイントになる。線形計画法を用いた方法では、評価関数としてはあるメッシュでの目標とする磁場からのズレを、変数としては各位置での電流値を選んだ。ここではプログラムに備えさせなければならない最大の機能は、コイル位置を (R, Z) 2次元空間で探索できることである。したがって、変数としては、ある標準位置からの (R, Z) 空間内でのズレ $\delta R, \delta Z$ をとることにした。評価関数としては、線形計画法による最適化手法を開発したときの経験から、プラズマ表面か、あるいは水平面（トーラス対称面）上での目標とする磁場からのズレをとる。空心変流器コイルの配置を線形計画法で決める際に評価関数として、水平面上での磁場のみを対象とすると、確かに水平面上での漏洩磁場は小さくなるが、プラズマ領域の上下の境界で大きな漏洩磁場が生じる結果になった。このため、空心変流器コイルのようにおたがいの電流が作る磁場の微妙なバランスによって漏洩磁場を小さくする場合には、水平面上の磁場ではなく、プラズマ境界上の磁場を評価関数とすべきであり、一般にプラズマ領域での漏洩磁場は境界でのそれよりは小さくなる。

コイルの最適位置を決める変数として、初期値として与えるコイル位置 (R_1^0, Z_1^0) からのズレ $\delta R_1, \delta Z_1$ をとる。図 1 に示す 4本の直線で囲まれた空間をコイルが動き得る許容空間とすれば、制約条件は、

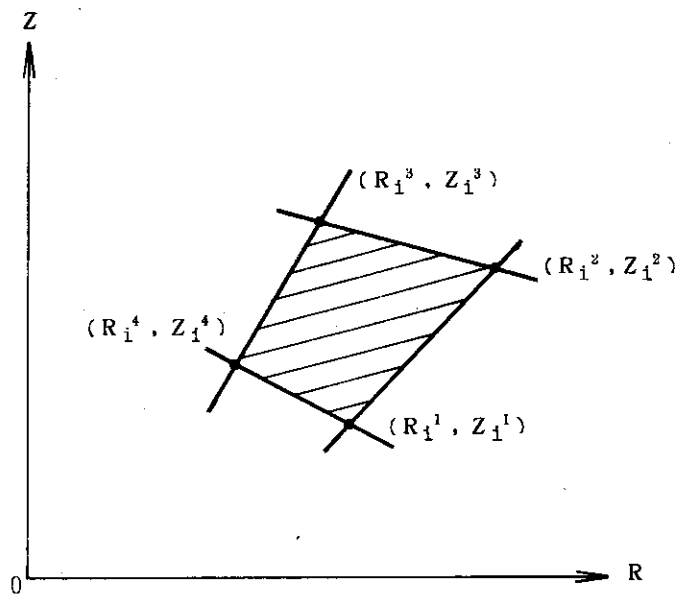


図 1 コイルが動きうる許容空間（斜線部）の指定

$$\begin{aligned}
 (Z_1^1 - Z_1^2) \delta R_1 - (R_1^1 - R_1^2) \delta Z_1 + (Z_1^1 - Z_1^2) (R_1^0 - R_1^2) - (R_1^1 - R_1^2) (Z_1^0 - Z_1^2) &\geq 0 \\
 (Z_1^2 - Z_1^3) \delta R_1 - (R_1^2 - R_1^3) \delta Z_1 + (Z_1^2 - Z_1^3) (R_1^0 - R_1^3) - (R_1^2 - R_1^3) (Z_1^0 - Z_1^3) &\geq 0 \\
 (Z_1^3 - Z_1^4) \delta R_1 - (R_1^3 - R_1^4) \delta Z_1 + (Z_1^3 - Z_1^4) (R_1^0 - R_1^4) - (R_1^3 - R_1^4) (Z_1^0 - Z_1^4) &\geq 0 \\
 (Z_1^4 - Z_1^1) \delta R_1 - (R_1^4 - R_1^1) \delta Z_1 + (Z_1^4 - Z_1^1) (R_1^0 - R_1^1) - (R_1^4 - R_1^1) (Z_1^0 - Z_1^1) &\geq 0
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

(i = 1, 2, \dots, n)

である。ここで不等号の向きは、 $\delta R_1 = \delta Z_1 = 0$ のときの左辺の値と同符号になるようにとればよい。以上のように、制約条件はすべて、変数 $\delta R_1, \delta Z_1$ に対して線形な制約条件のみである。

最小にすべき許価関数 F は

$$F = \int_{\ell} [B(\ell') - B^0(\ell')]^2 d\ell' \tag{2}$$

あるいは

$$F = \max_{\ell' \in \ell} [B(\ell') - B^0(\ell')]^2 \tag{3}$$

のいずれかをとる。ここで ℓ はプラズマ境界かプラズマの水平面上にとり、 $B^0(\ell)$ は実現すべき目標となる磁場分布である。空心変流器コイルの場合は $B^0(\ell) \equiv 0$ 、垂直磁場コイルの場合は平衡解が得られるときの外部磁場になる。

ポロイダル磁場コイル系は、複数個の同軸環状コイルから成る。環状線電流の中心軸（トーラス中心軸）を Z 軸とする円柱座標系 (r, θ, z) を用いれば、 (R_1, Z_1) にある I なる環状線電流が点 (r, z) に作る磁場は、

$$\begin{aligned}
 B_r(r, z; R_1, Z_1) &= \frac{\mu_0 I}{2\pi \sqrt{(r+R_1)^2 + (z-Z_1)^2}} \frac{z-Z_1}{r} \\
 &\times \left\{ K(k) + \frac{r^2 + R_1^2 + (z-Z_1)^2}{(r-R_1)^2 + (z-Z_1)^2} E(k) \right\} \\
 B_z(r, z; R_1, Z_1) &= \frac{\mu_0 I}{2\pi \sqrt{(r+R_1)^2 + (z-Z_1)^2}} \\
 &\times \left\{ K(k) - \frac{r^2 - R_1^2 + (z-Z_1)^2}{(r-R_1)^2 + (z-Z_1)^2} E(k) \right\} \\
 k^2 &= \frac{4rR_1}{(r+R_1)^2 + (z-Z_1)^2}
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

で与えられる。ここで $K(k)$ 、 $E(k)$ はそれぞれ第一種および第二種完全楕円積分である。式(4)を用いれば、複数個の環状線電流が任意の点 (r, z) に作る合成磁場が計算できる。したがって、制約条件(1)を満たす δR_1 、 δZ_1 のもとで $R_1 = R_1^0 + \delta R_1$ 、 $Z_1 = Z_1^0 + \delta Z_1$ にあるコイル群の作る合成磁場 $B(\mathcal{L})$ を式(4)により計算し、式(2)ないし式(3)で与えられる評価関数値が得られる。

以上でsimplex法の問題としての定式化ができ、1章で要求される機能として述べた2つの機能のうち1)の、コイルが動き得る空間が (R, Z) 2次元空間であること、は満たされる。また2)の、複数個の線電流の相対位置が変わらないように動きうる機能は、基準とする線電流位置からのズレ $(\delta \rho_1^j, \delta \varepsilon_1^j)$ を記憶し、磁場計算に際し $(R_1 + \delta \rho_1^j, Z_1 + \delta \varepsilon_1^j)$ ($j=1, 2, \dots, k^1$)なる線電流が k^1 ヶであるとして計算すれば、 i 番目の線電流に対して、 k^1 ヶの線電流が相対位置を変えずに動くことになり、満たされる。

3. 計算結果

臨界プラズマ試験装置(以下JT-60と略す)の設計が進み、ポロイダル磁場コイルの設置誤差や真空容器の熱膨脹などに関する定量的な検討結果を考慮すると、観測孔を設けるためのスペースとして当初予定したスペースに大きな不足を生じることが分った。たとえば、50φの観測孔を設けるためには、当初の予定よりはるかに大きな150φの空間を必要とすることが判明した。JT-60では縦方向に6本の観測孔を設ける予定である。このためプラズマ断面の2メートルのうち、約半分0.9メートルはポロイダル磁場コイルが配置できない空間となる。このように、多くの禁止領域がある場合には、Zakharovの方法で電流値の重み(あるいは巻数)を変えても禁止領域を避けてコイル配置を求めることはほとんど不可能である。図2にJT-60のポロイダル断面図を示す。斜線部は、ポロイダル磁場コイルの設置が不可能な禁止領域である。空心変流器コイルの巻数を60(あるいはその整数倍)とし、Zakharovの方法〔閉路Cとしては楕円を選び、中心3.32m、短軸(垂直軸)1.6m、長軸(水平軸)1.8mとした。〕により60に等分割した場合のコイル位置を1から30までの番号をつけて示してある。これまでの設計では、25番以降のコイルはそのままにし、1番から24番までのコイルは3点をまとめて2つに分割した位置を採用している。図2から明らかなように、20、21、23、25、27番のコイル位置は禁止領域に入り込んでいるし、29番のコイル位置は垂直磁場コイル(図2でVと記してあるコイル)と近接しすぎているため、コイル断面を考えると、変流器コイルと垂直磁場コイルとを実際に設置することができない。simplex法で最適化するためには、初期値としてのブロック(以下いくつかのコイルをまとめて1つと数える場合にブロックと呼ぶことにする)位置と、電流値(あるいは巻数)を決めなければならない。ブロック位置と巻数の与え方が漏洩磁場の大きさを決定すると言っても過言ではなく、慎重に決めなければならない。そのため、Zakharovの方法によって、禁止領域をできるだけ避けうる各点での巻数を求める。図2に示した1~30番のコイル位置を適当にまとめて禁止領域を避けることを考える。まず1~14番までは、ブロック位置の数を半分にし、各点に2ターン巻いて1ブロックとする。また15、16、17番の3コイル、18、19、20番の3コイルおよび21、22、

で与えられる。ここで $K(k)$ 、 $E(k)$ はそれぞれ第一種および第二種完全楕円積分である。式(4)を用いれば、複数個の環状線電流が任意の点 (r, z) に作る合成磁場が計算できる。したがって、制約条件(1)を満たす δR_1 、 δZ_1 のもとで $R_1 = R_1^0 + \delta R_1$ 、 $Z_1 = Z_1^0 + \delta Z_1$ にあるコイル群の作る合成磁場 $B(z)$ を式(4)により計算し、式(2)ないし式(3)で与えられる評価関数値が得られる。

以上でsimplex法の問題としての定式化ができ、1章で要求される機能として述べた2つの機能のうち1)の、コイルが動き得る空間が (R, Z) 2次元空間であること、は満たされる。また2)の、複数個の線電流の相対位置が変わらないように動きうる機能は、基準とする線電流位置からのズレ $(\delta \rho_1^j, \delta \varepsilon_1^j)$ を記憶し、磁場計算に際し $(R_1 + \delta \rho_1^j, Z_1 + \delta \varepsilon_1^j)$ ($j=1, 2, \dots, k^1$)なる線電流が k^1 ヶであるとして計算すれば、 i 番目の線電流に対して、 k^1 ヶの線電流が相対位置を変えずに動くことになり、満たされる。

3. 計算結果

臨界プラズマ試験装置(以下JT-60と略す)の設計が進み、ポロイダル磁場コイルの設置誤差や真空容器の熱膨脹などに関する定量的な検討結果を考慮すると、観測孔を設けるためのスペースとして当初予定したスペースに大きな不足を生じることが分った。たとえば、50φの観測孔を設けるためには、当初の予定よりはるかに大きな150φの空間を必要とすることが判明した。JT-60では縦方向に6本の観測孔を設ける予定である。このためプラズマ断面の2メートルのうち、約半分0.9メートルはポロイダル磁場コイルが配置できない空間となる。このように、多くの禁止領域がある場合には、Zakharovの方法で電流値の重み(あるいは巻数)を変えても禁止領域を避けてコイル配置を求めることはほとんど不可能である。図2にJT-60のポロイダル断面図を示す。斜線部は、ポロイダル磁場コイルの設置が不可能な禁止領域である。空心変流器コイルの巻数を60(あるいはその整数倍)とし、Zakharovの方法〔閉路Cとしては楕円を選び、中心3.32m、短軸(垂直軸)1.6m、長軸(水平軸)1.8mとした。〕により60に等分割した場合のコイル位置を1から30までの番号をつけて示してある。これまでの設計では、25番以降のコイルはそのままにし、1番から24番までのコイルは3点をまとめて2つに分割した位置を採用している。図2から明らかなように、20、21、23、25、27番のコイル位置は禁止領域に入り込んでいるし、29番のコイル位置は垂直磁場コイル(図2でVと記してあるコイル)と近接しすぎているため、コイル断面を考えると、変流器コイルと垂直磁場コイルとを実際に設置することができない。simplex法で最適化するためには、初期値としてのブロック(以下いくつかのコイルをまとめて1つと数える場合にブロックと呼ぶことにする)位置と、電流値(あるいは巻数)を決めなければならない。ブロック位置と巻数の与え方が漏洩磁場の大きさを決定すると言っても過言ではなく、慎重に決めなければならない。そのため、Zakharovの方法によって、禁止領域をできるだけ避けうる各点での巻数を求める。図2に示した1~30番のコイル位置を適当にまとめて禁止領域を避けることを考える。まず1~14番までは、ブロック位置の数を半分にし、各点に2ターン巻いて1ブロックとする。また15、16、17番の3コイル、18、19、20番の3コイルおよび21、22、

23番の3コイルをそれぞれまとめて各点に3ターン巻くとすれば、各ブロックの中心位置としては、16, 19, 22番の各点が残る、禁止領域にある。20, 21, 23番の各点は処理できる。25番と26番をまとめて2ターンとする。これ以外のコイル位置ではそれぞれ1ターンとする。このように、32分割にしそれぞれ各点での巻数を決めた結果、Zakharovの方法によって得られるコイル配置(変流器コイルのアンペア・ターンは9.6MATに規格化する)がプラズマ領域(主半径3.1m, 副半径1.0mの円形領域)に作る漏洩磁場は最大51.8Gである。しかし、27番, 29番のコイルは設置できない位置にある。したがって、simplex法による最適化しなければならない。最適化のための評価関数は式(3)を採用し、観測点 ℓ はプラズマ境界とした。その結果、プラズマ領域での漏洩磁場の最大が12.9G, 平均で2.6Gと十分小さくなった。そのときの配置を図3に示す。最適化のために動かすブロックとして指定したのは8~16番である。各ブロックの断面内のカッコつきの数字はそれぞれの巻数を示し、コイル断面積は、スペースファクター0.7とし最大電流密度を 20 A/mm^2 として決めた。図3に示したコイル配置での磁力線と等磁束密度線を図4, 図5に示す。

図3に示した配置は、各位置の電流比を巻数比にし各ブロックの中心に1本の線電流を置いて、漏洩磁場を最小にする最適化を行った結果である。しかし、1ターン1線電流として、図3の配置で漏洩磁場を計算すると、プラズマ領域での漏洩磁場は最大で70.9G, 平均で15.3Gとかなり大きなものになる。したがって、1ターンあたり1線電流として複数個のコイル位置の相対位置が変わらないようにこれを1ブロックとして扱い最適化を行なわなければならない。図6は1ターン1線電流とし巻数60の場合に最適化した結果を示したものである。たとえば、9番のブロックには3ターンのコイルがひとまとめになっており、これら3ケのコイルの相対位置は変化させずに最適な位置を求めたものである。なお図6ではスペースファクター0.7, 最大電流密度 20 A/mm^2 として、コイル断面形状を $115\text{ mm} \times 100\text{ mm}$ に設計した。最適化のため動かしたコイルは8~16番のコイル群である。図6に示した配置での磁力線と等磁束密度線を図7, 図8に示す。漏洩磁場は、プラズマ領域で最大26.4G, 平均4.6Gと十分小さくなっている。巻数80の場合についての結果を図9~図14に示す。図9は1ブロック1線電流として最適化した結果であり、その場合の磁力線と等磁束密度線を図10, 図11に示す。図12は1ターン1線電流として最適化したものである。図12の配置が作る磁力線と等磁束密度線を図13, 図14に示す。

以上種々の計算ケースで得られる変流器コイルがプラズマ領域に作る漏洩磁場を表1にまとめた。

表1. 種々の計算によって得られる変流器コイルが作る漏洩磁場 (9.6 MAT)

巻数	計算ケース	プラズマ領域での漏洩磁場	
		最大磁場	平均磁場
60	ケース 1	12.9 G	2.6 G
	ケース 2	70.9 G	15.3 G
	ケース 3	26.4 G	4.6 G
	ケース 4	51.8 G	16.5 G
	ケース 5	18.9 G	9.6 G
80	ケース 1	10.4 G	2.1 G
	ケース 3	29.8 G	6.9 G
	ケース 4	95.3 G	27.0 G
	ケース 5	10.5 G	5.4 G

ケース1 : 1ブロック1線電流として最適化した場合

ケース2 : ケース1によって得られた配置で1ターン1線電流として計算した場合

ケース3 : 1ターン1線電流として最適化した場合

ケース4 : ケース1と同じ巻数比によってZakharovの方法で得られる配置

ケース5 : 巻数個の分割数でZakharovの方法により得られる配置

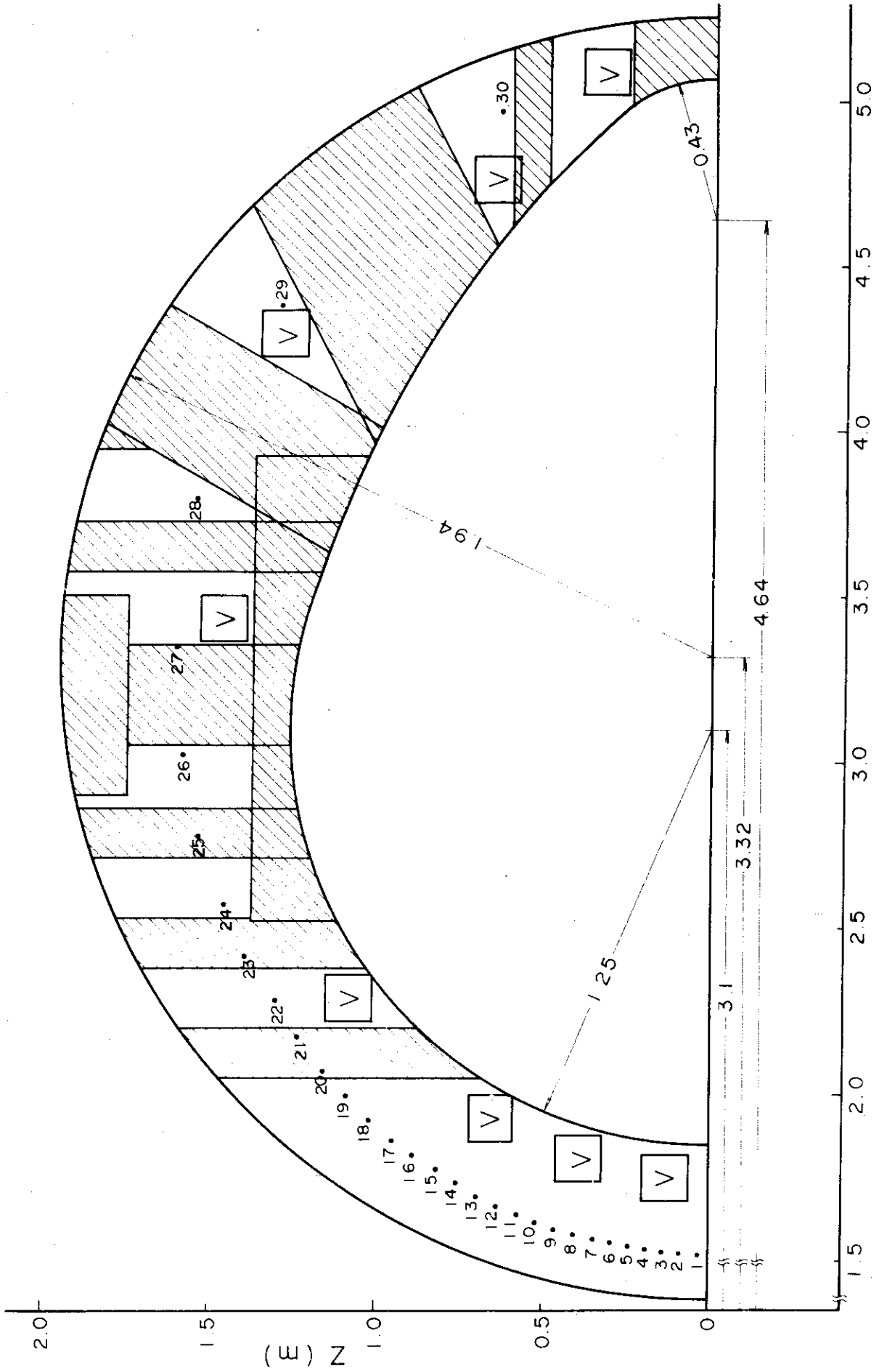


図2 JT-60のポロイダル面 (1~30はZakharovの方法により60に等分割した結果)

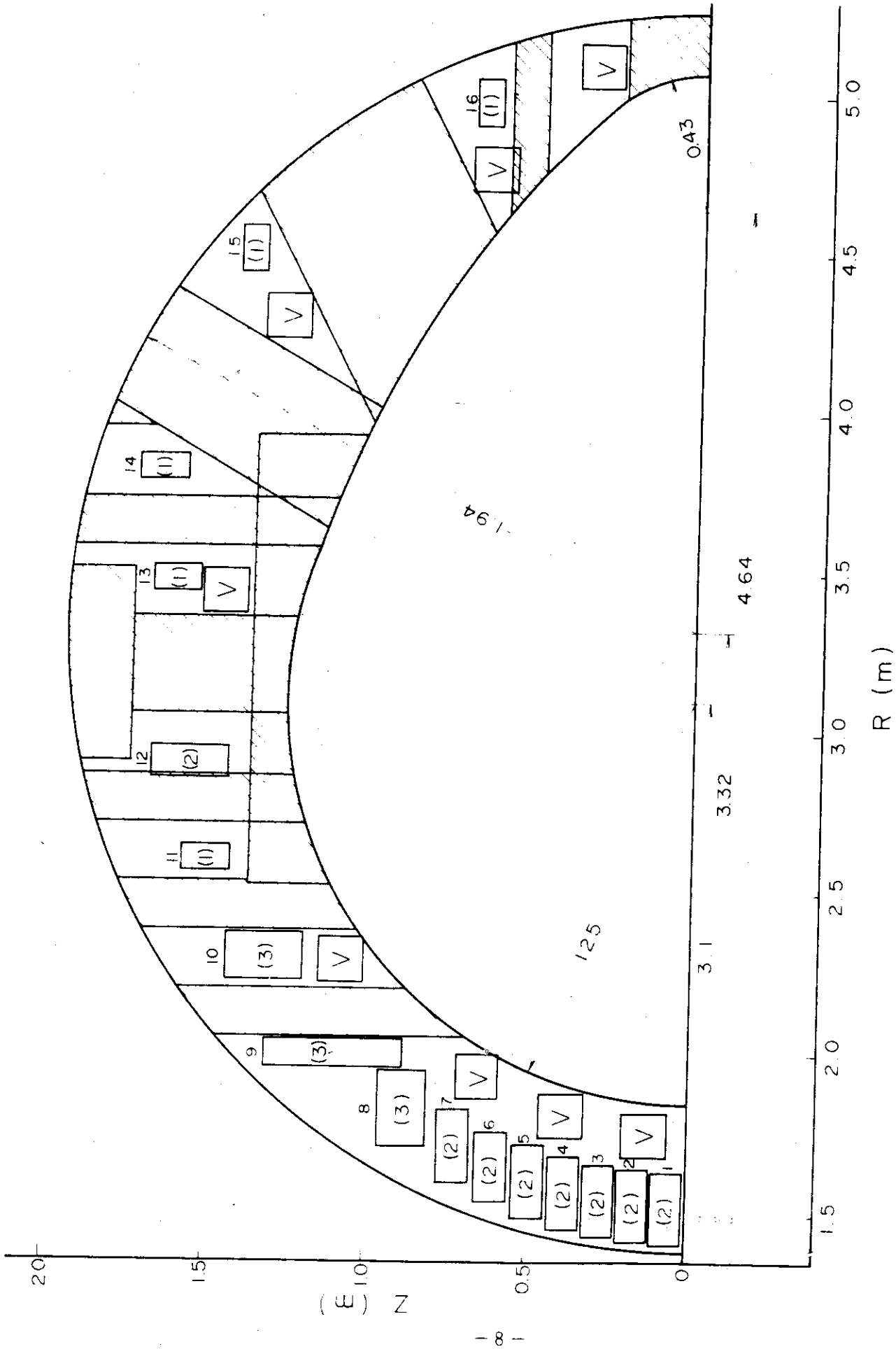


図3 巻数60の場合に1ブロック1線電流として最適化した変流器コイルの配置
(カッコつき数字は巻数)

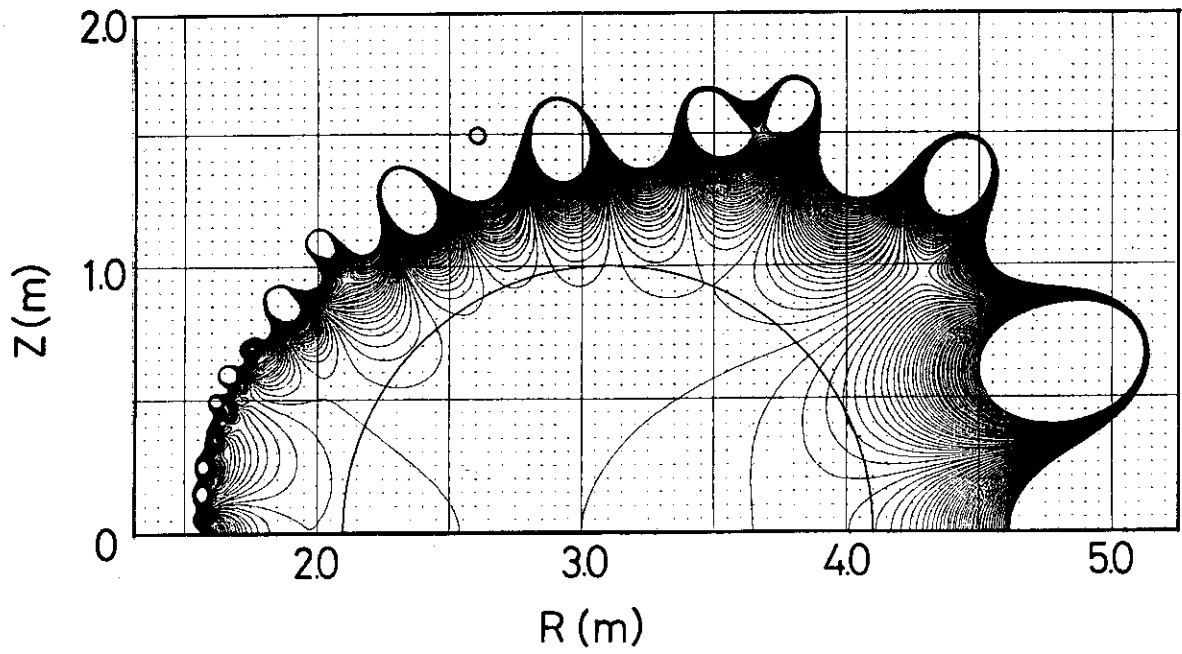


図4 図3の変流器コイルが作る磁力線分布

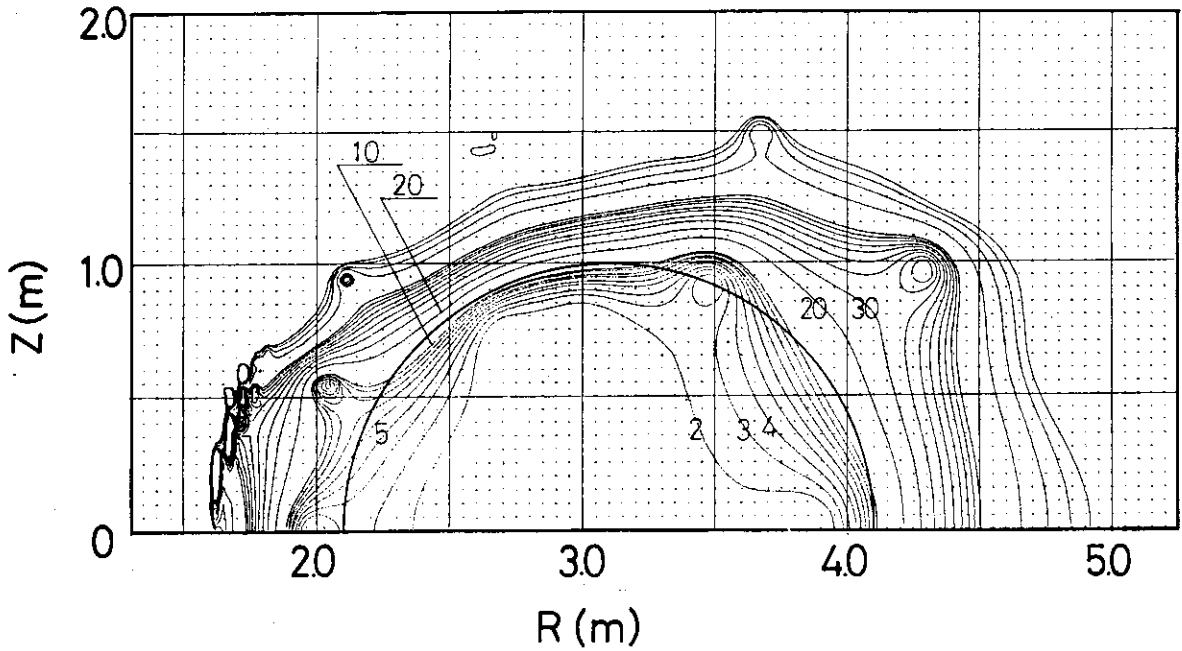


図5 図3の変流器コイルが作る等磁束密度線分布 (図中の数字は磁束密度G)

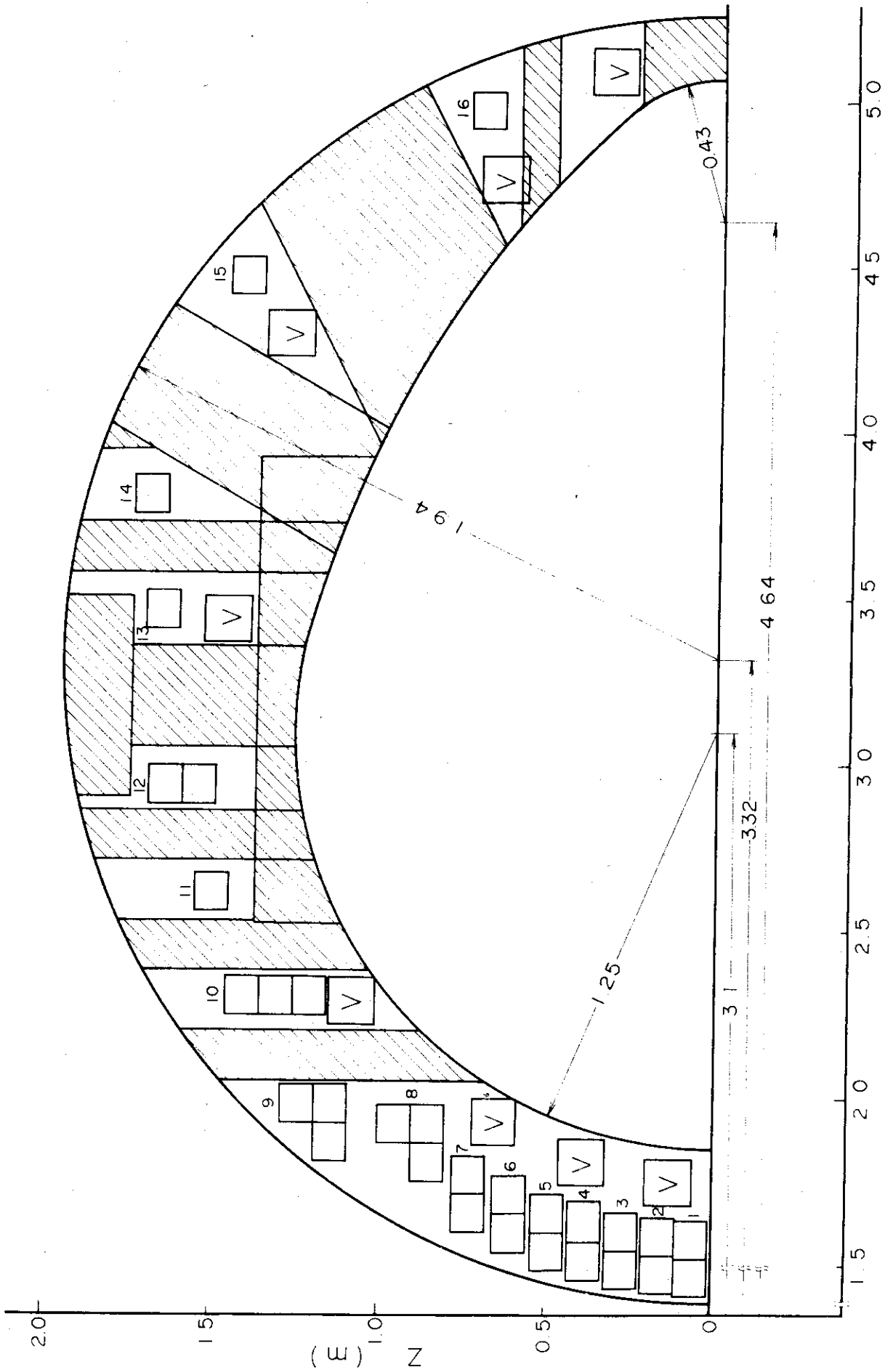


図6 巻数6.0の場合1ターン1線電流として最適化した変流器コイル配置

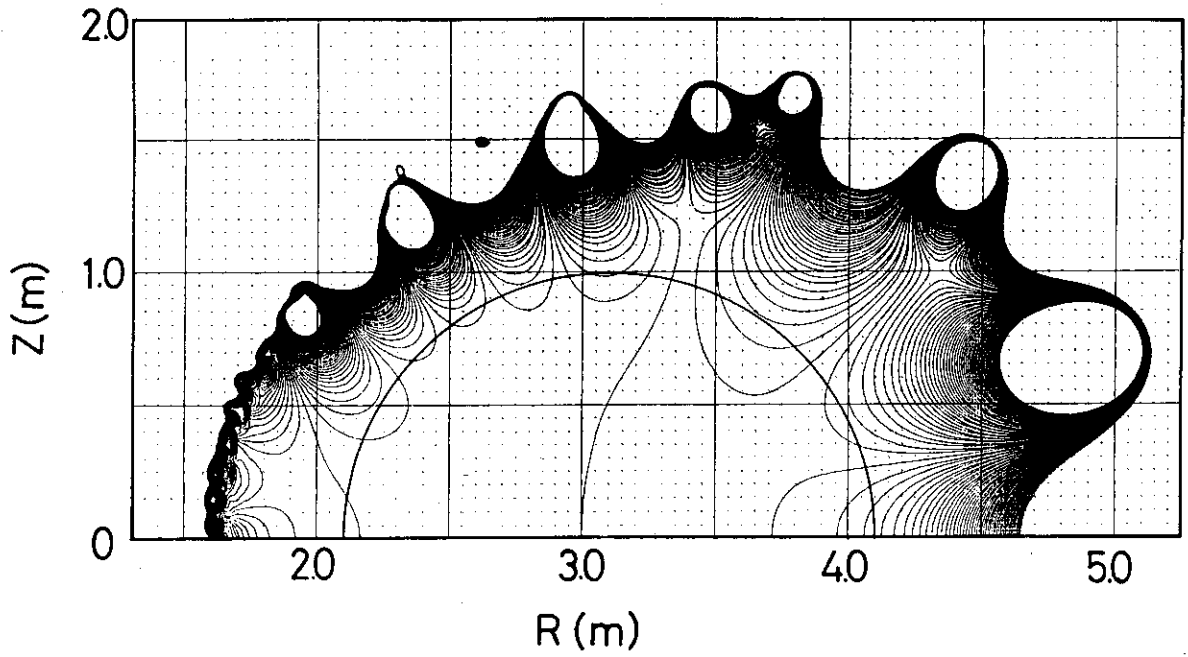


図7 図6の変流器コイルが作る磁力線分布

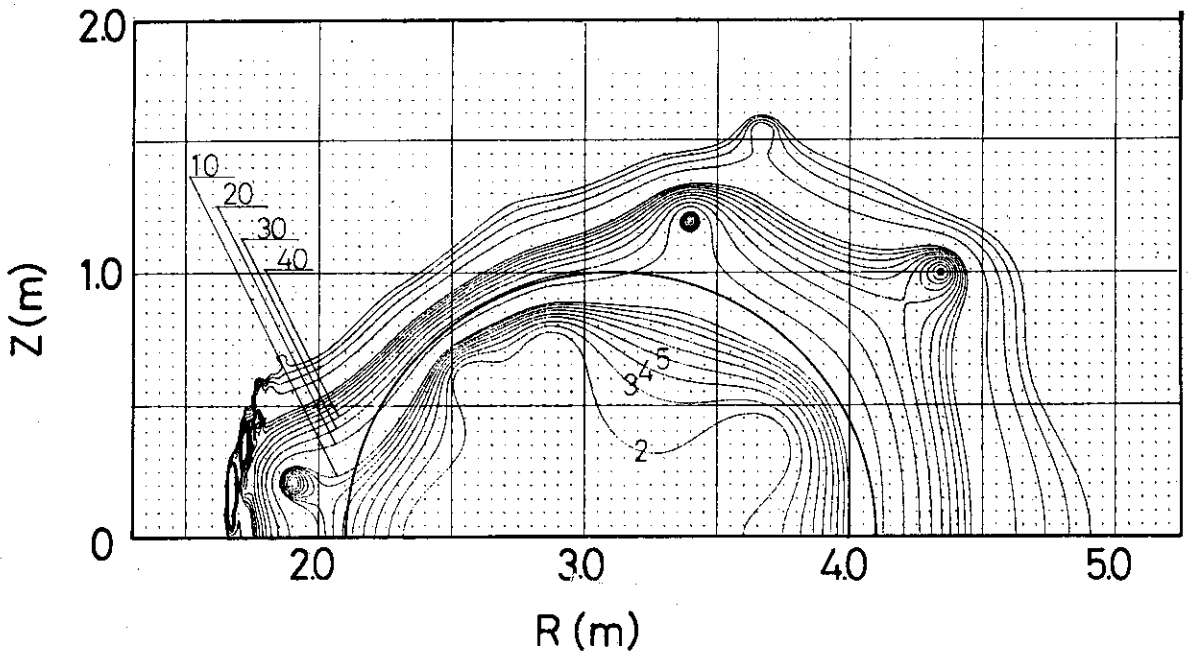


図8 図6の変流器コイルが作る等磁束密度線分布 (図中の数字は磁束密度G)

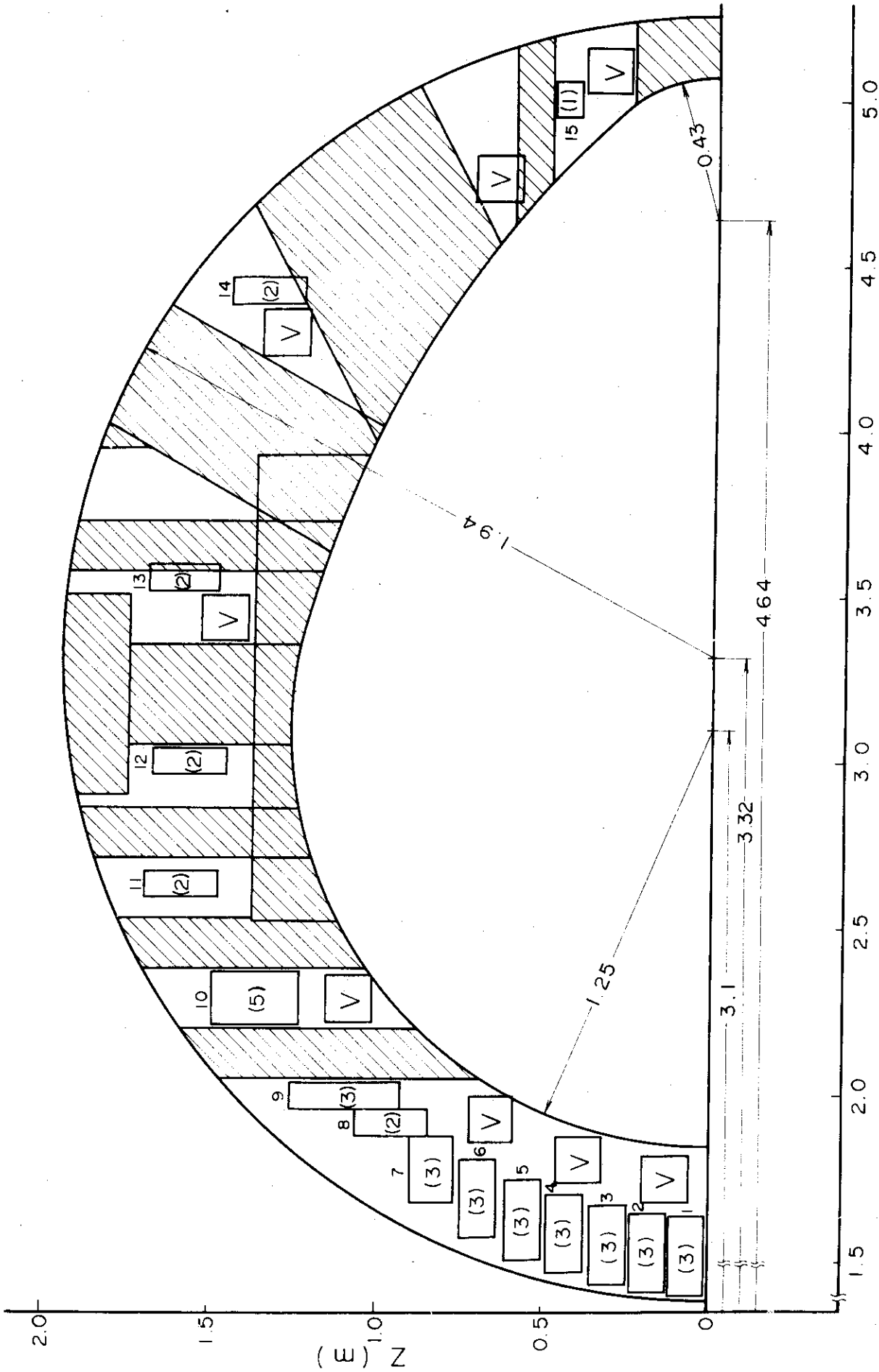


図9 巻数80の場合1ブロック1線電流として最適化した変流器コイルの配置
(カッコつき数字は巻数)

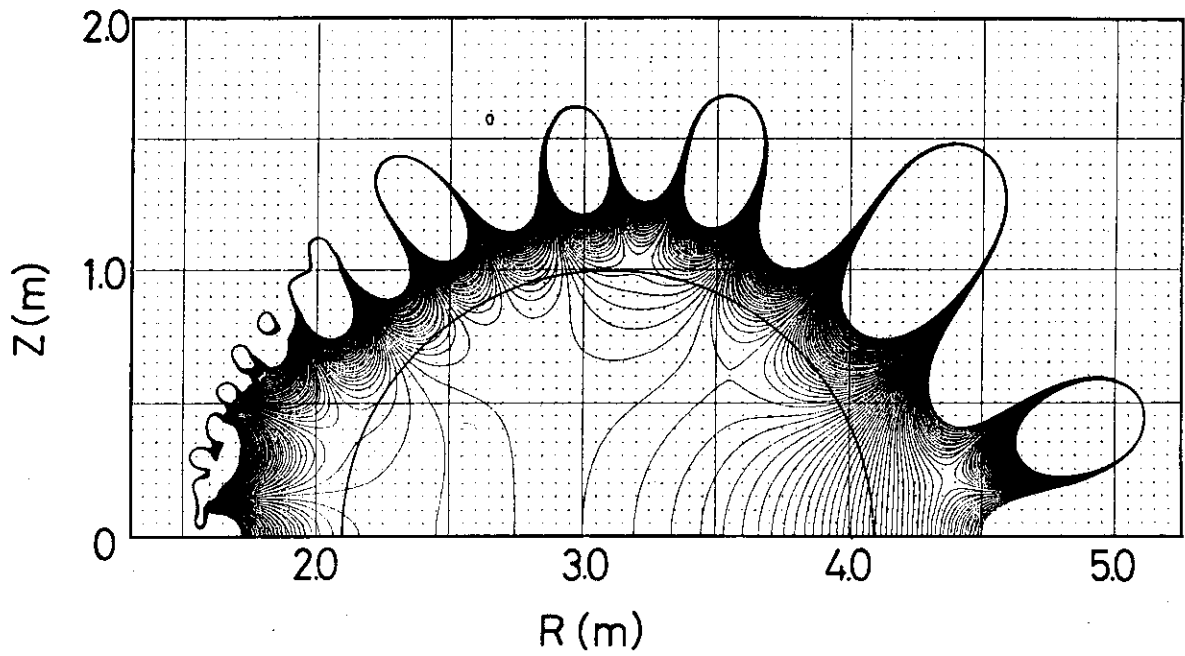


図10 図9の変流器コイルが作る磁力線分布

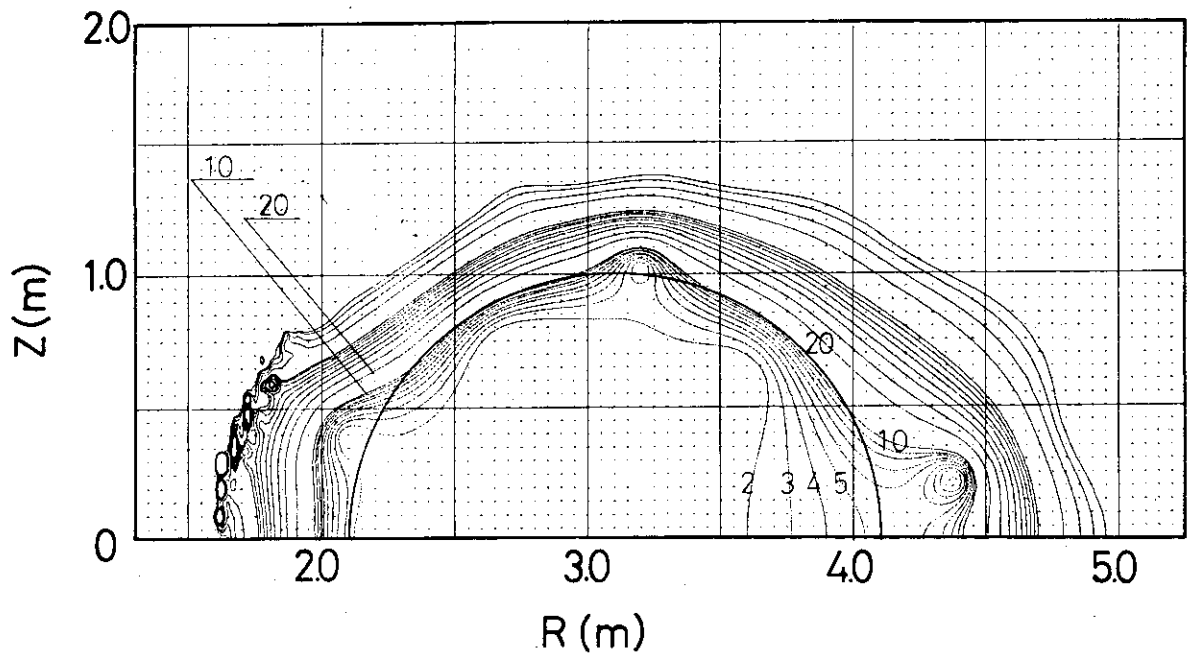


図11 図9の変流器コイルが作る等磁束密度線分布 (図中の数字は磁束密度G)

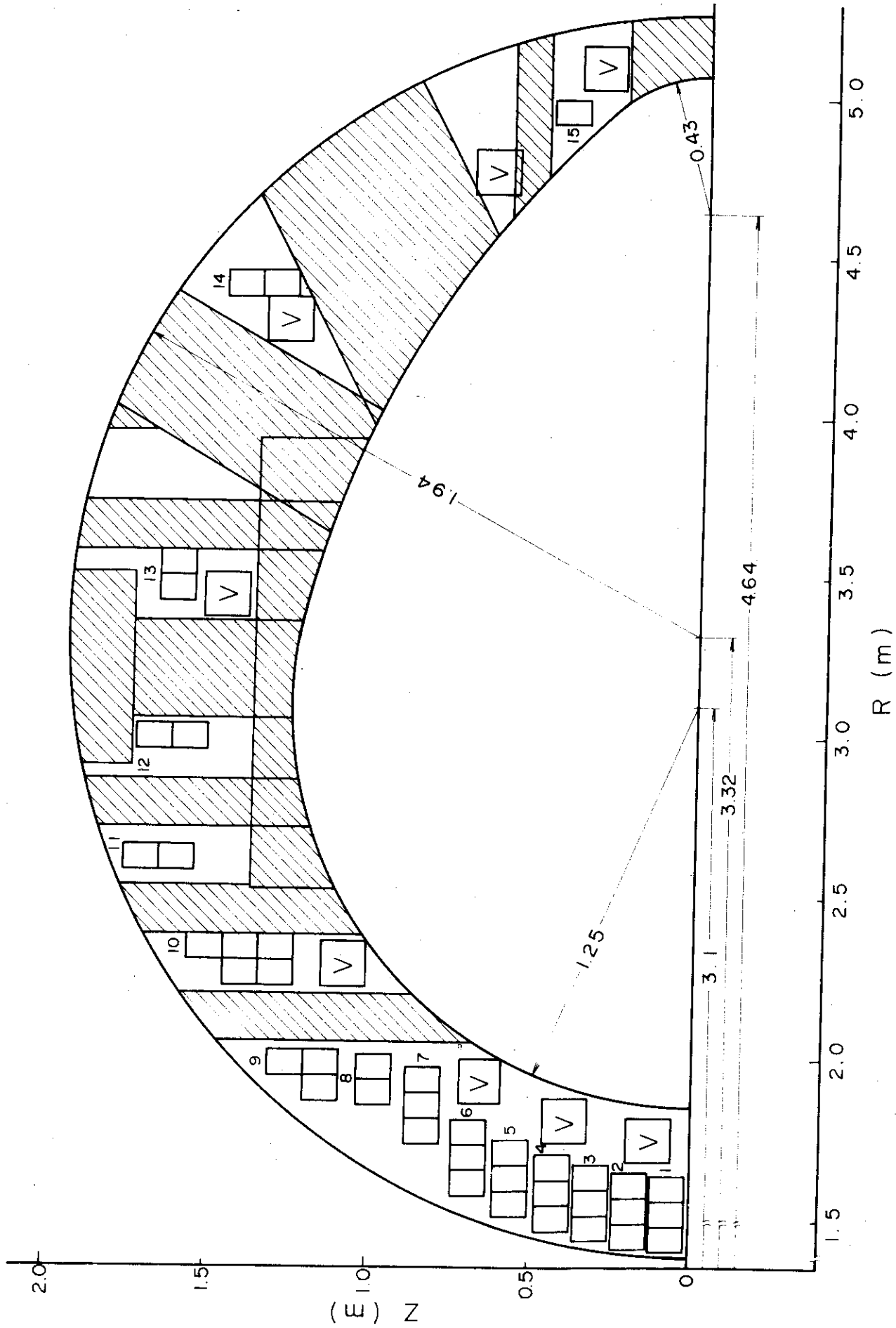


図12 巻数80の場合1ターン1線電流として最適化した変流器コイルの配置

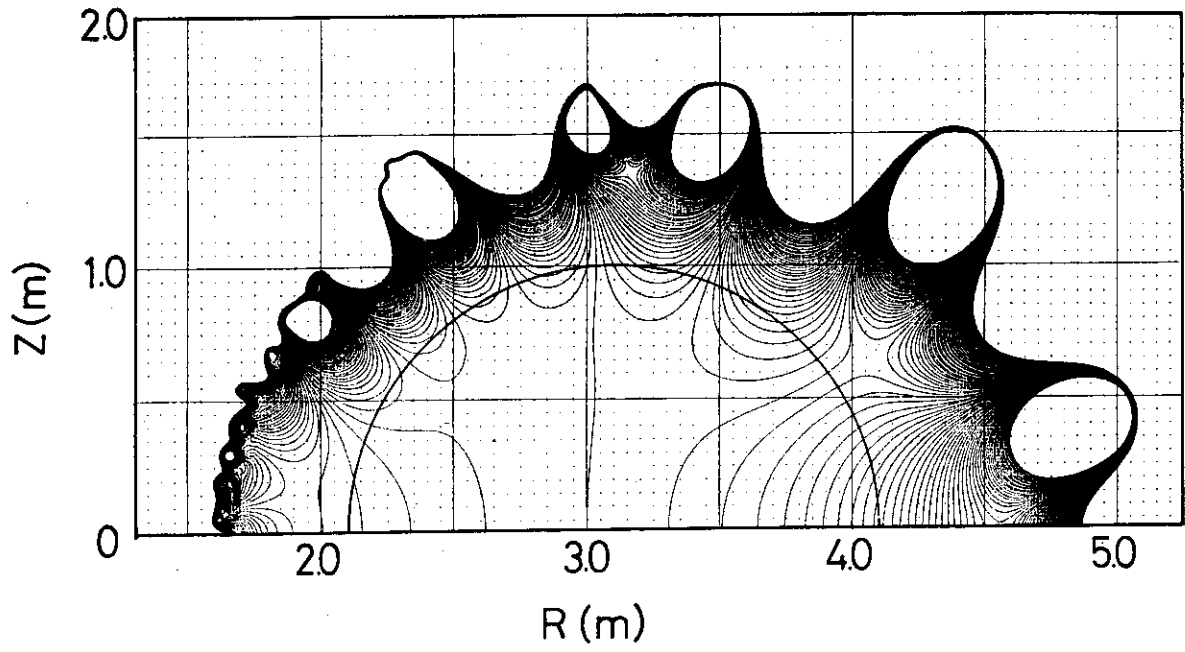


図13 図12の変流器コイルが作る磁力線分布

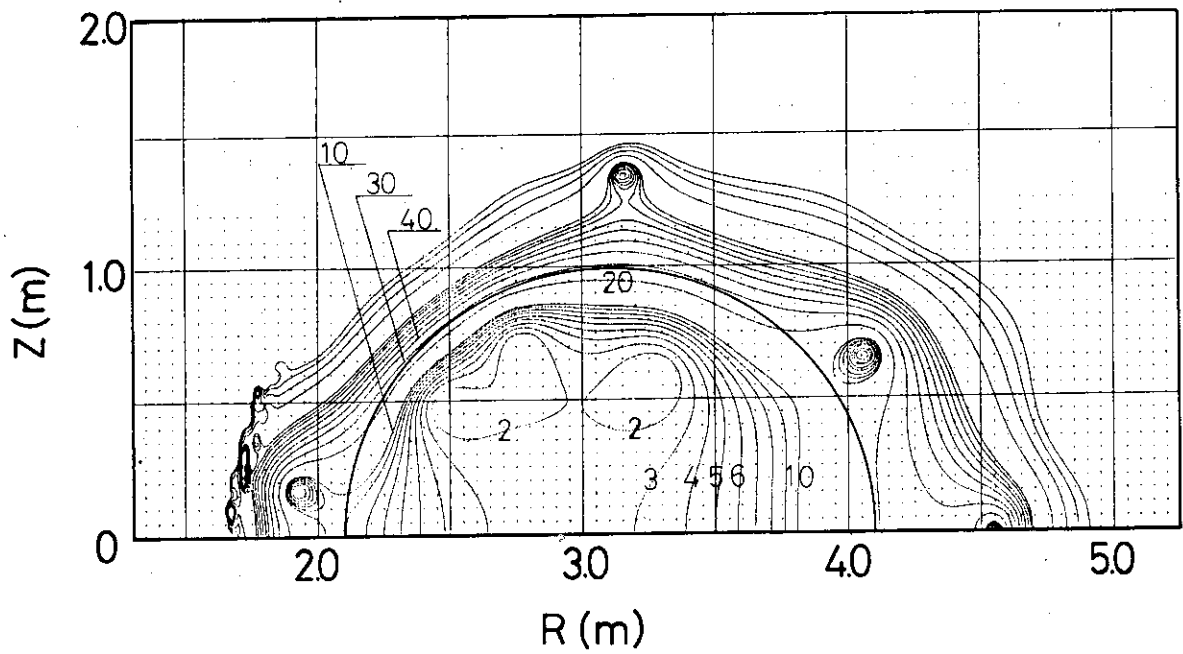


図14 図12の変流器コイルが作る等磁束密度線分布 (図中の数字は磁束密度G)

4. ま と め

ポロイダル磁場コイルの配置を、所要の磁場を実現するように決める方法は、半解析的な Zakharov の方法と、数理計画法を利用して探索する方法など本質的には試行錯誤で最適点を求める方法に大きく分類できる。半解析的な Zakharov の方法では、ポロイダル面での閉路 C に囲まれた領域内に所要の磁場を実現すべき閉路 C 上の面電流分布を求め、その面電流分布を巻数の重みをつけながら分割するという操作をとる。したがって、第1次近似としての配置を求めたり、禁止領域を避けるための最適な各ブロックの巻数比を決めるためには有効な手段である。実際には Zakharov の方法によって得られる結果から、simplex 法を用いるために必要な初期条件（各ブロックの巻数比やコイル位置）や制約条件（コイルの動き得る許容空間の指定）の選定を行ない、simplex 法によって許容空間内でのコイルの最適な位置を探索する。この際 simplex 法に備えさせた2つの機能、(1) (R, Z) 2次元空間内でコイル位置を探索する、(2) 複数個のコイルの相対位置が変わらないように動きうる、によってここに述べた手法はポロイダル磁場コイル配置の最適化問題に対処する手法としてほぼ完成されたものになったと言える。(1)の機能によって、いかなる禁止領域が与えられても、その制限のもとで最適化が可能である。また(2)の機能は、より現実に近いモデルでの最適化を可能にする。表1に示した、巻数60の場合のケース1とケース2を比較から明らかのように、1ブロック1線電流として最適化した結果では、最大漏洩磁場が12.9Gであるにもかかわらず、1ターン1線電流として同一の配置のもとで計算するとそれが70.9Gとかなり大きくなり、少なくとも1ターン1線電流として最適化しなければならないことが分る。また、1ターンに複数個の線電流を与えて計算することも可能であるが、それが現実により近いかどうかは自明ではない。なぜなら、実際には、コイルに流れる電流同志の近接効果や渦電流効果などによる、コイル内の電流分布を考慮する必要がある。なお、本報告では、空心変流器コイルの配置のみを論じたが、一般にいかなるポロイダル磁場コイルに対しても所要の磁場がはっきりしているかぎり、同じ手法が使える。

以上述べた手法は、半解析的であるため見通しはよいが与えられた制限を完全に処理するための自由度が少ない Zakharov の方法と、数理計画法を利用しているため見通しはきかないが、いかなる制限にも対処できる simplex 法とを、おたがいの欠点を補いあった形で利用したものであり、この手法によってポロイダル磁場コイル配置を最適化する手法は一応完成したと言える。なお、グラフィック・ディスプレイを用いたダイアログ形式の計算コードによる設計法⁴⁾も実際的な有効性を持っており、本報告に述べた手法と組合わせて用いることにより、ポロイダル磁場コイルの最適配置を必要な精度で求めることが可能である。

最後に、吉川允二氏をはじめとして、議論、御指導いただいた大型トカマク開発室の各氏に感謝いたします。

5. 参 考 文 献

- 1) 小林朋文, 田村早苗, 谷啓二; JAERI-M 5898 (1974年11月)
- 2) Toi, K. & Takeda, T.; JAERI-M 6018 (1975年2月)
- 3) Nelder, J.A. & Mead, R.; The Computer Journal 7 (1965) p308
- 4) 亀有昭久, 二宮博正, 相川裕史, 鈴木康夫; JAERI-M 6324 (1975年11月)

付録 インプット・マニュアルおよびプログラムリスト

・ title カード (1-72) 2枚

・ Section 001 (24I3)

NGC1 (1-3) 正のとき観測点はプラズマ境界
負のとき観測点は水平面上

- = 1 評価関数 $\int B^2 d\ell$
- = 2 $\max B^2$
- = 3 $\int (B-B^0)^2 d\ell$
- = 4 $\max (B-B^0)^2$
- = 5 $\int (B-B^0)^2 d\ell$
- = 6 $\max (B-B^0)^2$

5, 6の場合は, $j = \text{NGC}2/2$ のメッシュ点での B_j を B_j^0 となるようにコイル電流を規格化しなおす。(B^0 は section 007, 008 で入力する)

NGC2 (4-6) 観測点の数 (プラズマ境界の場合は $0 \leq \theta \leq \pi$)

NGC3 (7-9) simplex による最適化の繰返し数

NGC4 (10-12) ≈ 0 コイル位置を DISK から読み込む RECORD 番号

NGC5 (13-15) ≈ 0 コイル位置を各繰返しごとに DISK に書き込む
最初の最適化によるコイル位置を書き込む RECORD
番号

NGC6 (16-18) R 方向メッシュ数) いずれかが零の場合は磁場計算せず
NGC7 (19-21) Z 方向メッシュ数

NGC8 (22-24)

NGC9 (25-27)

NGC10 (28-30)

NGC11 (31-33) ψ , =1 edit, =2 edit & plot, =3 plot

NGC12 (34-36) B_r , =1 edit

NGC13 (37-39) B_z , =1 edit

NGC14 (40-42) B , =1 edit, = ± 2 edit & plot (正の場合は G, 負の
場合は Wb/m^2 単位), = ± 3 plot

NGC15 (43-45) IRM1
NGC16 (46-48) IRM0
NGC17 (49-51) IRM2
NGC18 (52-54) JZM0 } plot の際必要なデータ

NGC19 (55-57) =1 B, B_p, B_r edit; =2 B_p, B_r edit
=3 B, B_p edit; =4 B edit

NGC20 (58-60)

NGC21 (61-63) NEWI; θ 方向分割数
 NGC22 (64-66) r 方向 (副半径方向) 分割数
 NGC23 (67-69) 分布関数を求めるときの区切り幅 = $50G/NGC23$
 NGC24 (70-72) ≈ 0 統計処理をする

• Section 002 (6E12.5)

コイル位置および電流値の入力

(RC(I), ZC(I), I=1, IC)
 (CURR(I), I=1, IC) } この組を group 数だけ入力

- コイル位置の区切りは blank field で識別
- この Section の区切りは blank card で識別
- この Section で入力するコイル位置は上半分 (上下対称であることを前提としている)
- 制限 コイル総数 ≤ 100
 group 数 ≤ 50

• Section 003 (6E12.5)

RO (1-12) R方向第1メッシュ点の値
 ZO (13-24) Z方向第1メッシュ点の値
 DR (25-36) R方向メッシュ幅
 DZ (37-48) Z方向メッシュ幅
 EO (49-60)

• Section 004 (6E12.5)

RT (1-12) プラズマ主半径(m)
 RP (13-24) プラズマ副半径(m)

• Section 005

変数として扱うコイルの指定およびコイルの動きうる領域の指定
 card 1 (24I3)

(NOCOL(I), I=1, NDCL)

最適化の際変数として扱うコイル番号

- 正の場合は (R, Z) 2次元空間内を動く
- 負の場合は直線上で動く

card 2 (4E12.5)

RBD1_i (1-12)
 RBD2_i (13-24)
 RBD3_i (25-36)
 RBD4_i (37-48) } 可動領域を指定する4点のR座標

card 3 (4E125)

ZBD1 _i	(1-12)	} 可動領域を指定する4点のZ座標
ZBD2 _i	(13-24)	
ZBD3 _i	(25-36)	
ZBD4 _i	(37-48)	

card 2 と card 3 の組を NDCL ケ繰返す。コイル番号が NOCOL_i なるコイルは (RBD1_i, ZBD1_i), (RBD2_i, ZBD2_i), (RBD3_i, ZBD3_i), (RBD4_i, ZBD4_i) の4点で囲まれる凸領域で動く。

• Section 006

simplex 法そのものための入力

• card 1 (24I3)

IMAX (1-3) simplex 法の中で最適な点を探索するのに要する繰返す回数

INIT (4-6) 初期の simplex のタイプ

=0 axial simplex

=1 regular simplex

=2 irregular simplex

IRIT (7-9) 出力コントロール

=0 edit せず

=1 FFH, FFS, FFL, FF, XH, XS, XL

=2 FFH, FFS, FFL, FF, XH, XS, XL, all F, and all X

IPSKP (10-12) IPSKP の倍数と繰返し回数とが一致したとき出力する
(IPSKP ≤ 0 の場合は IPSKP = 1 とする)

• card 2 (24I3)

(NFHHH(I), I=1, N) 初期の simplex の枝の長さを指定する最大長に対する割合(%)

• card 3 (6E125)

FNOM (1-12) : 評価関数に対する規格化定数

EPSF (13-24) : 収束判定のための値

(EPSF ≤ 0 の場合は EPSF = 10⁻⁸)

ALP (25-36) : 反射係数 (ALP ≤ 0 の場合は ALP = 1.0)

BET (37-48) : 短縮係数 (BET ≤ 0 の場合は BET = 0.5)

GAM (49-60) : 伸長係数 (GAM ≤ 0 の場合は GAM = 2.0)

PENMLT (61-72) : ペナルティ係数

(PENMLT ≤ 0 の場合は PENMLT = 100)

• Section 007

コイル位置および電流値の入力, Section 002 と同じ format

ただし, この Section では, コイル位置は上下対称であることを前提としていない。

この Section で入力したコイルによって作られる磁場を B⁰ とする。

制限

コイル総数 ≤ 100

group 数 ≤ 50

• Section 008 (6E12.5)

BZO (1-12) プラズマ中心での B_z

VALN (13-24) " n-value

GRAD (25-36) " B_z の傾き

水平面上での、このSectionの入力パラメーターで指定される B_z を B^0 とする。VALNが零の場合はGRADが用いられる。

• Section 009

ブロック内での各コイルの相対位置を指定する

card 1 (24I3)

(NDEL(I), I=1, MDEL)

コイル位置を相対位置で指定する際基準となるコイル番号

card 2 (6E12.5)

(DRC(I), DZC(I), I=1, MC) } MDEL組繰返す
(DCR(I) , I=1, MC)

• コイル位置は、 $(R_{NDEL_i} + DRC_{NDEL_i}^j, Z_{NDEL_i} + DZC_{NDEL_i}^j)$

電流は $CURR_{NDEL_i} \times DCR_{NDEL_i}^j$ となる。これらのコイル (MC^j ケ) の相対位置を変えずに最適化する。

• (DRC, DZC) の区切りはblank fieldで示す

• このSectionの区切りはblank cardで示す

• 制限

相対位置で示すコイル総数 ≤ 100

MDEL ≤ 50

• Section 999 (終り)

* SOURCE STATEMENT *

```

C
C
C OPTIMIZATION OF COIL POSITIONS 1975.10.13 BY KOBAYASHI,T.
1 COMMON /PVCE/ IOIN,IOU1
2 COMMON /INPO/ IIT1(I,18),IIT2(I,18),NSC(4,8),IJMN(5,1),ICAX(50),NGROP,
3 * UMAX,ZC,DR,DZ,EU,PAI,ISNT
4 COMMON /VARI/ A(35000)
5 COMMON /FLSM/ RT,RP
6 COMMON /MOV/ NOCOL(70),RBD(4,70),ZBD(4,70),NDCL
7 COMMON /SIZE/ N,NI,NNL,IPEN,IPENN,IMAX,IMAX
8 COMMON /POST/ RC(100),CURR(100)
9 COMMON /LUCA/ MEMORY,A1,A2,A3,A4,A5,A6,A7,A8,A9,K10,
10 * A11,A12,K13,K14,K15,K16,K17,K18,K19,K20
11 COMMON /DELC/ MDEL,NDEL(50),MCMN(51),MCNX(50),
12 * DRC(100),DZC(100),DCRC(100)
13 DATA IBLK, /41 /
14 DOUBLE PRECISION PAI,UMRBL,ZBD,RC,ZC
15 DOUBLE PRECISION DRC,DZC
16 MEMORY=35000
17 PAI =3.1415926535898
18 UM =4.00-7
19 NGROP =0
20 EV =0.
21 RI =0.
22 DP =0.
23 DZ =0.
24 NDCL =0
25 MDEL =0
26 IBLN =5
27 IBLK =6
28 CONTINUE
29 DO 110 I=1,MEMORY
30 ACI=0.0
31 CONTINUE
32 READ(10,1000) (IIT1(I),I=1,18)
33 DO 120 I=1,18
34 IF (IIT1(I).NE.0) GO TO 130
35 CONTINUE
36 GO TO 999
37 READ(10,1100) (IIT2(I),I=1,18)
38 WRITE(1007,1010) (IIT1(I),I=1,18)
39 WRITE(1007,1011) (IIT2(I),I=1,18)
40
41 C
42 CONTINUE
43 CALL INPT(AC,ZC,CURR)
44 IF (NSC(4).LE.0) GO TO 155
45 CALL SET3(1)
46 IF (A16.GT.MEMORY) GO TO 990
47 CALL UP(IA(K1),A(K2),A(K3),A(K4),A(K5),A(K6),A(K7),
48 * A(K8),A(K9),A(K10),A(K11),A(K12),A(K13),A(K14),A(K15),
49 * N,NI,NNL,IPEN,IPENN,IMAX,IMAX)
50 CONTINUE
51 IMX = NSC(6)
52 JBA = NSC(7)
53 IF (IMX.LE.0).OR.(JBA.LE.0) GO TO 160
54 CALL SET3(2)
55 IF (K7.GT.MEMORY) GO TO 991
56 CALL CPLE(AC,ZC,CURR,A(K1),A(K2),A(K3),A(K4),A(K5),A(K6),

```


* SOURCE STATEMENT *

```

1  SUBROUTINE INPT(CRC,ZC,CURR)
2  COMMON /DVCE/ IOH,IOUT
3  COMMON /IRPO/ IIT1(I8),IIT2(I8),NGC(48),IJMH(51),ICMX(50),NGROP,
4  * UN,RO,ZO,DR,DZ,EU,PAI,ISWT
5  COMMON /FLSM/ RT,RP
6  COMMON /FACT/ FNOM
7  COMMON /MOVD/ NOCUL(I),RBU(4,70),(RU(4,70),NDCL
8  * COMMON /VARI/ A(35000)
9  COMMON /SIZE/ N(INI,NI),IPEN,IPENM,IMAX,IMAX
10 * COMMON /STDH/ RRO(500),BST(500)
11 * COMMON /SOPT/ ANAX,INIT,IRIT,IPSRP,EPSP,ALP,BET,GAM,PENMLT,
12 * SFHM(140)
13 * COMMON /DELC/ MDEL,DEL(50),MCM(51),MCMX(50),
14 * DRCC(100),DZCS(100),DCR(100)
15 * DOUBLE PRECISION PAI,UM,RBO,ZBO,RC,ZC,PRO,BSI,ALP,BET,GAM,PENMLT
16 * DOUBLE PRECISION EPS,FNOM
17 * DOUBLE PRECISION DMC,DZC
18 * DIMENSION RUC(I),ZC(I),CURR(I)
19 * KI=1
20 * K2=N1+2*100
21 * K3=N2+2*100
22 * K4=N3+ 100
23 * K5=N4+ 50
24 * K6=N5+ 50
25 * DO 100 I=1,500
26 * RUC(I)=0.000
27 * BST(I)=0.000
28 * 100 CONTINUE
29 * 140 CONTINUE
30 * READ(100,1020) NTYP
31 * WRITE(100,1030) NTYP
32 * IF(NTYP=799) 130,500,799
33 * 150 CONTINUE
34 * GO TO (160,170,180,190,200,220,230,240,250),NTYP
35 * 160 CONTINUE
36 * HEAD(100,1020) (RGCC(I),I=1,24)
37 * WRITE(100,1040) (I)=1,24)
38 * WRITE(100,1050) (MGCC(I),I=1,24)
39 * NMAX=MGCC(2)
40 * GO TO 140
41 * 170 CONTINUE
42 * CALL COUNT(NGROP,IMAX,RC,ZC,CURR,IJMH,ICMA)
43 * GO TO 140
44 * 180 CONTINUE
45 * READ(100,1060) RO,ZO,DR,DZ,EO
46 * WRITE(100,1070) RT,RP
47 * IF(NGC(I).GT.0) GO TO 140
48 * DR=(DR+RP)/DFLOAT(NMAX+1)
49 * RUC(I)=RT-RP
50 * DO 195 I=2,NMAX
51 * RUC(I)=RUC(I-1)+DRR
52 * 195 CONTINUE
53 * GO TO 140
54 * 200 CONTINUE
55 * KI=1
56

```

FACOM 230-75 (47) FORTRAN-9 -750113- V06-L03 76.01.14 PAGE 4

* SOURCE STATEMENT (INPT)*

```

57 I2=24
58 202 CONTINUE
59 READ(101N,1020) (NOCOL(I),I=11,12)
60 DO 204 I=11,12
61 IF (NOCOL(I).EQ.0) GO TO 206
62 204 CONTINUE
63 I1=12+I
64 I2=12+2*I
65 GO TO 202
66 CONTINUE
67 NCOL=I-1
68 DO 208 I=1,NDCL
69 READ(101N,1060) (NBD(J),J=1,4)
70 READ(101N,1060) (LBD(J),J=1,4)
71 208 CONTINUE
72 WRITE(101,1130)
73 I1=1
74 I2=2
75 IF (I2.GT.NDCL) I2=NDCL
76 210 CONTINUE
77 IF (I1.NE.12)
78 *WRITE(101,1140) (I ,I=11,12)
79 IF (I1.EQ.12)
80 *WRITE(101,1141) (I ,I=11,12)
81 WRITE(101,1150) (NOCOL(I) ,I=11,12)
82 WRITE(101,1160) ((NBD(J),J=1,4),I=11,12)
83 WRITE(101,1170) ((LBD(J),J=1,4),I=11,12)
84 IF (I2.EQ.NDCL) GO TO 212
85 I1=12+1
86 I2=12+2
87 IF (I2.GT.NDCL) I2=NDCL
88 GO TO 210
89 212 CONTINUE
90 CALL SSET(N,I,PN)
91 GO TO 140
92 CONTINUE
93 220 CONTINUE
94 KMAX=INIT*IRIT*IPSKP
95 READ(101N,1020) (IPHHAC(I),I=1,N)
96 READ(101N,1060) (FROM,EP,SP,ALP,BET,GAM,PENMLT)
97 IF (GAM*(FROM).LT.1.0D-8) FNOM=1.0D0
98 WRITE(101,1180) KMAX,INIT,IRIT,IPSKP
99 WRITE(101,1200)
100 WRITE(101,1210) (I,IPHH(I),I=1,N)
101 WRITE(101,1190) (EP,SP,ALP,BET,GAM,PENMLT,FNOM)
102 GO TO 140
103 CONTINUE
104 230 CONTINUE
105 I5=1
106 CALL ST0D(NMAX,A(K1),AK2),A(K3),A(K4),A(K5))
107 GO TO 140
108 CONTINUE
109 I1=1
110 I2=24
111 242 CONTINUE
112 READ(101N,1020) (NDEL(I),I=11,12)
113 DO 254 I=11,12

```


* SOURCE STATEMENT (INPT J*)

```

114 IF(MDEL-LE.0) GO TO 256
115 CONTINUE
116 I1=I2+1
117 I2=I2+24
118 GO TO 254
119 CONTINUE
120 MDEL=I1
121 IF(MDEL-LE.0) GO TO 140
122 WRITE(1007,1220)
123 WRITE(1007,1210) (I,MDEL(I),I=1,MDEL)
124 CALL COUNT(NGP,1007,DRS,DC,DCR,MCNN,MCMX)
125 IF(NGP-NE.MDEL) GO TO 990
126 GO TO 140
127 CONTINUE
128 RETURN
129 CONTINUE
130 WRITE(1007,1230) MDEL,NGP
131 STOP
132 CONTINUE
133 STOP
134 FORMAT(18A4)
135 1010 FORMAT(1H,18A4)
136 1011 FORMAT(1H,18A4)
137 1020 FORMAT(24I3)
138 1030 FORMAT(1F0,17H** INPUT SECTION,13,3H**)
139 1040 FORMAT(1H,5X,3HNGC,2X,24I3,1H,10X,72(1H--))
140 1050 FORMAT(1H,10X,24I3)
141 1060 FORMAT(1H,5X,24HMAJOR RADIUS OF PLASMA =1PE12.5,2H M /
142 1070 FORMAT(1H,5X,24HMINOR RADIUS OF PLASMA =, E12.5,2H M )
143 * 1H,5X,24HMOVABLE COIL-NUMBER AND THE MOVABLE AREA)
144 1120 FORMAT(1H,5X,10Z,20,DR,0Z,EO,1H,1P5E12.5)
145 1130 FORMAT(1H,4X,10Z,20,DR,0Z,EO,1H,1P5E12.5)
146 1141 FORMAT(1H,10Z,20,DR,0Z,EO,1H,1P5E12.5)
147 1150 FORMAT(1H,10X,13,1H,20X,22(1H--))
148 1160 FORMAT(1H,10X,13,1H,20X,13,54X,13)
149 1170 FORMAT(1H,10X,13,1H,20X,13,54X,13,5)
150 1180 FORMAT(1H,4X,10Z,20,DR,0Z,EO,1H,1P5E12.5)
151 1190 FORMAT(1H,4X,10Z,20,DR,0Z,EO,1H,1P5E12.5)
152 1200 FORMAT(1H,4X,10Z,20,DR,0Z,EO,1H,1P5E12.5)
153 1210 FORMAT(1H,10X,13,1H,20X,13,54X,13,5)
154 1220 FORMAT(1H,4X,10Z,20,DR,0Z,EO,1H,1P5E12.5)
155 1230 FORMAT(1H,60(1H*),10Z,20,DR,0Z,EO,1H,1P5E12.5)
156 END

```

* SOURCE STATEMENT *

```

1 SUBROUTINE SETS(NGO)
2 COMMON /DVCE/ IOIN,IOUT
3 COMMON /LOCA/ MEMORY,K1,K2,K3,K4,K5,K6,K7,K8,K9,K10,
4 K11,K12,K13,K14,K15,K16,K17,K18,K19,K20
5 * COMMON /SIZE/ N,N1,NN1,IPEN,IPENN,IPAX,IPMAX
6 COMMON /INPG/ ITIT1(I8),ITIT2(I8),NGC(48),IJMN(51),ICMX(50),NGROP,
7 UM,KO,ZU,DR,DZ,EU,PAI,ISWT
8 * DOUBLE PRECISION PAI,UM
9 GO TO (10,20,30),NGO
10 CONTINUE
11 NI = N+1
12 NN1 = CN+1, *N
13 IPENN=IPEN *N1
14 K1 = 1
15 K2 = K1 + 2*N
16 K3 = K2 + 2*N
17 K4 = K3 + 2*N
18 K5 = K4 + 2*N
19 K6 = K5 + 2*N
20 K7 = K6 + 2*N
21 K8 = K7 + 2*N
22 K9 = K8 + 2*N
23 K10 = K9 + 2*N
24 K11 = K10 + 2*N1
25 K12 = K11 + 2*NN1
26 K13 = K12 + 2*IPENN
27 K14 = K13 + 2*IPMAX
28 K15 = K14 + 2*IPMAX
29 K16 = K15 + 2*IPMAX
30 * WRITE(IOUT,1010) K1,K2,K3,K4,K5,K6,K7,
31 K8,K9,K10,K11,K12,K13,
32 K14,K15,K16
33 RETURN
34
35 20 CONTINUE
36 IJAX=NGC(6)
37 JFA=NSC(7)
38 K1 = 1
39 K2 = K1 + IMX
40 K3 = K2 + JMX
41 K4 = K3 + IPX+JMX
42 K5 = K4 + IPX+JMX
43 K6 = K5 + IPX+JMX
44 K7 = K6 + IPX+JMX
45 * WRITE(IOUT,1020)
46 K1,K2,K3,K4,K5,K6,K7
47 RETURN
48
49 30 CONTINUE
50 N=I+NSC(21)
51 IJAX=NSC(22)
52 JFA=NSC(23)
53 KAX=NSC(24)*IPX*(IPAC-1)/2+JMX
54 K1 = 1
55 K2 = K1 + IMXC
56 K3 = K2 + KMAX
57 K4 = K3 + KMAX
58 K5 = K4 + KMAX
59 K6 = K5 + KMAX
60 K7 = K6 + KMAX
61 * WRITE(IOUT,1030)
62 K1,K2,K3,K4,K5,K6,K7
63 RETURN
64
65 END

```

FACOM 230-75 (M7) FORTRAN-D -750715- V06-L05 76.01.14 PAGE 7

* SOURCE STATEMENT (SETG)*

```

57 WRITE(1001,1010) K1,K2,K3,K4,K5,K6
58 RETURN
59 FORMAT(1H0,///1H0,10(1H*),' LOCATION OF MEMORY FOR OPTIMIZATION,')
60 1010 FORMAT(1H ,10I12)
61 1020 FORMAT(1H0,///1H0,10(1H*),' LOCATION OF MEMORY FOR FIELD,')
62 1030 FORMAT(1H0,///1H0,10(1H*),' LOCATION OF MEMORY FOR VALUE,')
63 END
    
```

FACOM 230-75 (M7) FURTRAN-0 -750/15- V06-L05 76.01.14 PAGE 8

* SOURCE STATEMENT *

```

1  SUBROUTINE SSETON(IPEN)
2  COMMON /RNDVZ/ RNDCL(70),RBD(4,70),ZBD(4,70),NDCL
3  COMMON /ADVEZ/ IJOIN,IOUT
4  DOUBLE PRECISION RBD,ZBD
5  KP=0
6  KN=0
7  10 CONTINUE
8  DO 30 I=1,NDCL
9  I=RNDCL(I)
10 IF (I.LE.0) GO TO 20
11 K=KN+2
12 KP=KP+4
13 GO TO 30
14 20 CONTINUE
15 KN=KN+1
16 KP=KP+2
17 30 CONTINUE
18 N=KN
19 IPE=KP
20 WRITE(OUTPUT,1000) N,IPEN
21 RETURN
22 1000 FORMAT(10I4,*,THE DIMENSIONS FOR SIMPLEX SPACE OF THIS PROBLEM --
23 1 N=*,15I4 AND THE NO.OF CONSTRAINT EQUATIONS -- IPEN=*,15)
    END

```

* SOURCE STATEMENT *

```

1  SUBROUTINE COINT(NGROP, IMA, RC, ZC, CURR, IJMN, ICMX)
2  COMMON /VCE/ IOIN, IOU
3  DOUBLE PRECISION RC, ZC
4  DIMENSION RC(1), ZC(1), CURR(1), IJMN(1), ICMX(1)
5  I1 = 1
6  I2 = 3
7  I5 = 2
8  IJMN(IJ) = 1
9  171 CONTINUE
10 READ(IOIN, 1060) (KC(I), ZC(I), I=1, 12)
11 IJ = IJMN(I5-1)
12 IF (DABS(KC(I0)), LE.1.D-8, AND, DABS(ZC(I0)), LE.1.D-8) GO TO 174
13 DO 172 I=1, 12
14 IF (DABS(KC(I)), LE.1.D-8, AND, DABS(ZC(I)), LE.1.D-8) GO TO 173
15 172 CONTINUE
16 I1 = I1+3
17 I2 = I2+3
18 GO TO 171
19 173 CONTINUE
20 IJMN(I5) = 1
21 IJMN(I5) = 1
22 ICMX(I5-1) = ICMX(I5-1)
23 ICMX(I5-1) = ICMX(I5-1)
24 READ(IOIN, 1060) (CURR(I), J=1, IMA, ILAS)
25 I1 = IJMN(I5)
26 I2 = I1+2
27 I5 = I5+1
28 GO TO 171
29 174 CONTINUE
30 NGROP = I5-2
31 IF (NGROP .LE. 0) RETURN
32 IMA = IJMN(NGROP+1) - 1
33 WRITE(IOU, 1090) IMA
34 DO 175 IS=1, NGROP
35 IJMN(I5) = 1
36 ICMX(I5+1) = 1
37 WRITE(IOU, 1090) IS
38 WRITE(IOU, 1100) (I, RC(I), ZC(I), I=1, IMA, ILAS)
39 WRITE(IOU, 1110) (I, CURR(I), I=1, IMA, ILAS)
40 175 CONTINUE
41 RETURN
42 1060 FORMAT(6E12.5)
43 1080 FORMAT(1M, 3X, 39H TOTAL NUMBER OF COILS --- IMA =, 16)
44 1090 FORMAT(1M, 4X, 39H GROUP =, 13, 3H **)
45 1100 FORMAT(1M, 6X, 13, 1P2E12.4, 2X, 13, 2E12.4, 2X, 13, 2E12.4)
46 1110 FORMAT(1M, 6X, 13, 1P2E12.4, 14X, 13, 2E12.4, 14X, 13, 2E12.4)
47 END

```

* SOURCE STATEMENT *

```

1 SUBROUTINE STDU(NMAX,RWC,ZWC,CURR,IMNW,ICPW)
2 COMMON /DVE/ IOIN,IOU
3 COMMON /STDH/ RRO(500),BST(500)
4 COMMON /PLSH/ RI,RP
5 COMMON /INPU/ ITITL(16),ITIT2(16),NCC(48),JMK(51),ICHX(50),NGROP,
6 * UM,RU,ZU,DR,DZ,EU,PAI,ISWT
7 DIMENSION RWC(1),ZWC(1),CURR(1),IMNW(1),ICPW(1)
8 DOUBLE PRECISION UM,RRO,BST,RWC,ZWC,RI,ZJ,CR,CZ,CI,PSI,BZ,BR
9 DOUBLE PRECISION BZT,RT,GRAD,BZO,VALN,PAI,DTHT,THET
10 CONTINUE
11 IF (ISWT.EQ.2) GO TO 50
12 IF (NGC(1).GT.0) GO TO 70
13 WRITE(IOU,1000) ISWT
14 CALL COINT(NDUM1,NDUMZ,RWC,ZWC,CURR,IMNW,ICPW)
15 ZJ = 0.000
16 DO 40 J=1,NMAX
17 RI = RRO(J)
18 BZT = 0.000
19 DO 50 J=1,NDUMZ
20 CR = RWC(J)
21 CZ = ZWC(J)
22 CI = CURR(J)
23 CALL FLD(RI,ZJ,CR,CZ,CI,PSI,BZ,BR)
24 BZT = BZT + BZ
25 CONTINUE
26 BST(1)=UM*BZT
27 GO TO 100
28 CONTINUE
29 CONTINUE
30 READ(IOIN,1010) BZO,VALN,GRAD
31 IF (DABS(GRZD).LT.1.0D-10) GO TO 52
32 WRITE(IOU,1020) BZO,VALN
33 GRAD=BZO*VALN/RT
34 GO TO 54
35 CONTINUE
36 WRITE(IOU,1030) BZO,GRAD
37 CONTINUE
38 DO 60 I=1,NMAX
39 RI = RRO(I)
40 BST(I)=GRAD*(RI-RT)+BZO
41 CONTINUE
42 GO TO 100
43 CONTINUE
44 WRITE(IOU,1040)
45 CALL COIT(NDUM1,NDUMZ,RWC,ZWC,CURR,IMNW,ICPW)
46 DTHT=PAI/DFLOAT(NMAX-1)
47 THET= 0.000
48 DO 90 I=1,NMAX
49 RI = RT+RADS(THET)*DCOS(THET)
50 ZJ = RADS(THET)*DSIN(THET)
51 BZT = 0.000
52 BRT = 0.000
53 DO 80 J=1,NDUMZ
54 CR = RWC(J)
55 CZ = ZWC(J)
56 CI = CURR(J)
57 CALL FLD(RI,ZJ,CR,CZ,CI,PSI,BZ,BR)
58 BZT = BZT + BZ

```

FACOM 230-75 (M7) FORTRAN-D -750715- V06-L05 76.01.14 PAGE 11

* SOURCE STATEMENT (STBD)*

```

59 BRT= BRT + BR
60 CONTINUE
61 BSI(I)=J*USORT(BZT*BZT + BRT*BRT)
62 THET=THET+DTHI
63 CONTINUE
64 100 CONTINUE
65 WRITE(100,1050)
66 WRITE(100,1060) (I,BSI(I),I=1,NMAX)
67 RETURN
68 1010 FORMAT(1H0,4X,'STANDARD FIELD IN HORIZONTAL PLANE --- ISWT=',I6)
69 1010 FORMAT(6E12.5)
70 1020 FORMAT(1H 4X,' N-VALUE
* 1030 FORMAT(1H 4X,' BZ AT CENTER OF PLASMA ',1PE12.5,' WB/MM'/
* 1040 FORMAT(1H 4X,' BZ AT CENTER OF PLASMA ',1PE12.5,' WB/MM'/
* 1040 FORMAT(1H 4X,' GRADIENT OF BZ
* 1050 FORMAT(1H0,4X,'STANDARD FIELD B AT THE SURFACE OF PLASMA')
* 1050 FORMAT(1H0,10X,'***** THE QUANTITY OF THE STANDARD FIELD AT MESH P
* 1060 FORMAT(1H 2X,13,1PE13.5,2X,13,13,5,2X,13,13,5,2X,13,13,5,
* 2X,13, 13,5,2X,13,13,5,2X,13,13,5)
75 END

```

* SOURCE STATEMENT *

```

1  SUBROUTINE OPTB(XL,XH,XS,XG,XR,XC,XE,XX,HHH,FFN,XXX,PPP,
*   RRX,ZZX,THET,N,N1,NM1,IPEN,IPENN,IMAX,NMAX)
2  COMMON /IMP0/ ITT1(18),ITT2(18),NGC(48),LJMN(51),ICM(50),NGROP,
*   UM,R0,Z0,DRYDZ,EU,PAI,ISWT
3  COMMON /POST/ NC(100),ZC(100),CURR(100)
4  COMMON /SOPT/ KMAX,INIT,INIT,IPSKP,EPF,ALP,BET,GAM,PENMLT,
*   NFHH(140)
5  COMMON /DVCE/ IOIN,IOUT
6  DOUBLE PRECISION AL,AM,XS,XG,XR,XC,XE,XX,HHH,FFN,XXX,PPP
7  DOUBLE PRECISION EPF,ALP,BET,GAM,PENMLT,DELTA,FNEW
8  DOUBLE PRECISION PAI,UM,RC,ZC,RRX,ZZX,THET,OBJCT
9  DIMENSION XL(N),XH(N),XS(N),XG(N),XR(N),XC(N),XE(N),XX(N),HHH(N),
*   FFN(N),XXX(NM1),PPP(IPENN)
10 DIMENSION RRX(IMAX),ZZX(IMAX),THET(NMAX)
11 EXTERNAL OBJCT
12 CONTINUE
13 ITRA=0
14 KRCD=NGC(4)
15 LRCD=NGC(5)
16 CALL HEAD1(KRCD,RC,ZC,CURR,IMAX,ITRA)
17 DO 20 I=1,IMAX
18   RRX(I)=RC(I)
19   ZZX(I)=ZC(I)
20 CONTINUE
21 DELT=PAI/DFLOAT(NMAX-1)
22 DO 30 I=2,NMAX-1
23   THET(I)=DFLOAT(I-1)*DELT
24 CONTINUE
25 THET(1) =0.000
26 THET(NMAX)=PAI
27 ITT=0
28 JS=0
29 CONTINUE
30 ITRA=ITRA+1
31 ITT=ITT+1
32 CALL ICAND(CAL,HHH,RRX,ZZX,NFHH,N,OBJCT,VALI,THET,IMAX,NMAX)
33 CALL PERAL(PPP,IPENN,RRX,ZZX,IN)
34 CALL SMPLEX(OBJCT,XL,XX,HHH,FNEW,N,N1,NM1,IMAX,NMAX,
*   XH,XS,XG,XR,XC,XE,XX,FFN,PPP,PENMLT,RRX,ZZX,THET,
*   EPF,ALP,BET,GAM,KMAX,INIT,IRIT,IPSKP,IPEN,IPENN)
35   1  VALUE=OBJCT(CAL,RRX,ZZX,THET,N,IMAX,NMAX)
36   2  WRITE(1001,1000) ITT
37   3  WRITE(1001,1020) VALI
38   4  WRITE(1001,1020) (I,RC(I),ZC(I),I=1,IMAX)
39   5  WRITE(1001,1030) (I,CURR(I),I=1,IMAX)
40   6  WRITE(1001,1040) VALE
41   7  WRITE(1001,1020) (I,RRX(I),ZZX(I),I=1,IMAX)
42   8  WRITE(1001,1030) (I,CURR(I),I=1,IMAX)
43   9  CALL WRITE(LRCD,RRX,ZZX,CURR,IMAX,ITRA)
44  10  DO 60 I=1,IMAX
45     11  RC(I) = RRX(I)
46     12  ZC(I) = ZZX(I)
47  60 CONTINUE
48  IF(CABS(VALI).LT,1.0E-10) GO TO 70
49  DIFF=(VALE-VALI)/VALI
50  GO TO 80
51 CONTINUE
52 DIFF=VALE
53 80 CONTINUE

```


FACOM 230-75 (M7) FORTRAN-75 -750715- V06-L05 76,01.14 PAGE 13

* SOURCE STATEMENT (OPTB)*

```

54 IF (ABS(CDIFF).GT.1.0E-10) GO TO 90
55 JSWT=JSWT+1
56 BET = BET*0.9DU
57 IF (JSWT.GT.2.AND.GAM.G(1.1D0) GAM=GAM*0.9DU
58 GO TO 100
59 CONTINUE
60 JSWT=0
61 100 CONTINUE
62 IF (ITTT.LT.NGCC(3)) GO TO 50
63 RETURN
64 1000 FORMAT (1H1,////)
        1H,60(1H)*, MINIMIZATION, STEP NO.,13,1, *****
65 1010 FORMAT (1H0,5X, THE INITIAL VALUE OF OBJECTIVE FUNCTION =,1PE12.5,
        /1H0,5X, AND ITS COIL POSITIONS R(1),Z(1) AND CURR(1),/)
66 1020 FORMAT (1H, 10X,13,1PE13.5,1X,13,2E13.5,1X,13,2E13.5,1X,13,2E13.5)
67 1030 FORMAT (1H, 10X,13,1PE13.5,14X,13,2E13.5,14X,13,2E13.5,1X,13,2E13.5)
68 1040 FORMAT (1H0,40A,40(1H*))
        1 1H0,5X, OPTIMIZED VALUE OF OBJECTIVE FUNCTION =,1PE12.5,
        2 /1H0,5X, AND ITS COIL POSITIONS R(1),Z(1) AND CURR(1),/)
69 END

```

FACOM 230-75 (MT) FORTTRAN-D -750715- V06-L05 76.01.14 PAGE 14

* SOURCE STATEMENT *

```

1 SUBROUTINE TCOND(KAL,HHH,RC,ZC,MP,HHH,N, FUR,WORK,THET,I,IMAX,NMAX)
2 COMMON /MOVD/ NGCOL(70),RBD(4,70),ZBD(9,70),NDCL
3 DIMENSION AL(N),HHH(N),SPHH(11),RC(11),ZC(11)
4 DIMENSION THET(NMAX),DR(4),DZ(4)
5 DOUBLE PRECISION XL,HHH,ND, ZBD,C1,C2,C3,C4,RC,ZC
6 DOUBLE PRECISION FUN,THET,FF,UR,DZ
7 10 CONTINUE
8 C INITIAL VALUES OF VARIABLES
9 DC 20 I=1,N
10 AL(I)=0.000
11 20 CONTINUE
12 WORK = FUN*XL*RC*ZC*THET,N,IMAX,NMAX)
13 C INITIAL SIZE OF SIMPLEX
14 JJ=1
15 DC 30 I=1,NDCL
16 I=NDCOL(I)
17 LL=IABS(I)
18 JK=4
19 IF(11,LL,0) JA=2
20 DC 30 J=1,JK
21 IF(11,LE,0) GO TO 28
22 I=J
23 I=J+1
24 IF(J,EW,4) I2=1
25 C1=ZBD(11,I)-ZBD(12,I)
26 C2=RBD(11,I)-RBD(12,I)
27 FF=C1*(RC(LL)+RBD(12,I))-C2*(ZC(LL)-ZBD(I,1))
28 IF(ABS(C1),LT,1.00-4) GO TO 22
29 DR(J)=FF/C1
30 GO TO 24
31 22 CONTINUE
32 DR(J)=1.00+50
33 24 CONTINUE
34 IF(ABS(C2),LT,1.00-4) GO TO 26
35 DZ(J)= FF/C2
36 GO TO 30
37 26 CONTINUE
38 DZ(J)=1.00+50
39 GO TO 30
40 28 CONTINUE
41 DR(J)=RBD(J,1)-RC(LL)
42 DZ(J)=ZBD(J,1)-ZC(LL)
43 KR=0
44 KZ=0
45 LR=0
46 LZ=0
47 C1= 1.00+50
48 C2= 1.00+50
49 C3=-1.00+50
50 C4=-1.00+50
51 DO 46 J=1,JK
52 IF(DR(J),LT,0.000) GO TO 36
53 IF(DZ(J),GT,C1 ) GO TO 34
54 KR=J
55 C1=DR(J)
56 34 CONTINUE
57 IF(DZ(J),LT,0.000) GO TO 38
58 IF(DZ(J),GT,C2 ) GO TO 40

```

* SOURCE STATEMENT (ICOND)*

```

58 K2=J
59 C2=DZ(CJ)
60 GO TO 40
61 CONTINUE
62 IF (DR(CJ).LT.C3 ) GO TO 34
63 L2=J
64 C3=DR(CJ)
65 GO TO 34
66 CONTINUE
67 IF (DZ(CJ).LT.C3 ) GO TO 40
68 L2=J
69 C4=DZ(CJ)
70 CONTINUE
71 IF (KR.EW,0) GO TO 42
72 IF (LR.EW,0) GO TO 44
73 IF (C1.LT.+ABS(C3)) C1=C3
74 GO TO 44
75 CONTINUE
76 C1=C3
77 CONTINUE
78 IF (K2.EW,0) GO TO 46
79 IF (L2.EW,0) GO TO 48
80 IF (C2.LT.+ABS(C4)) C2=C4
81 GO TO 48
82 CONTINUE
83 C2=C4
84 CONTINUE
85 IF (I1.LT.,0) GO TO 50
86 HPH(CJ) =C1*DFLOAT(NFPH(CJ)) *1.0D-2
87 HPH(CJ+1)=C2*DFLOAT(NFPH(CJ+1)) *1.0D-2
88 JJ=JJ+2
89 GO TO 60
90 CONTINUE
91 IF (ABS(C1).LT.1.0D-4) C1=C2
92 HPH(CJ)=C1*DFLOAT(NFPH(CJ)) *1.0D-2
93 JJ=JJ+1
94 CONTINUE
95 RETURN
96 END

```

* SOURCE STATEMENT *

```

1 SUBROUTINE PENAL(PPP,IPENN,KC,ZC,M)
2 COMMON /POVD/ NOCOL(70),RBD(4,70),ZBD(4,70),NDCL
3 COMMON /DVEG/ IOR,IOU
4 DOUBLE PRECISION PPP,KR3,KR4,ZBD,FF,RC,ZC,C1,C2
5 DIMENSION PPP(IPENN),KC(1),ZC(1)
6 CONTINUE
7 DO 20 I=1,IPENN
8   PPP(I)=0.0
9 CONTINUE
10 NT=NT+1
11 K1=0
12 K2=1
13 DO 30 I=1,NDCL
14   KR3=K1+K2
15   KR4=K3+1
16   K5=K1+K1
17   I1=NOCOL(I)
18   IF(I1.LE.0) GO TO 50
19   DO 40 J=1,4
20     IF(CJ.EQ.4) GO TO 25
21     I1=J
22     I2=J+1
23     GO TO 30
24 CONTINUE
25 I1=J
26 I2=1
27 CONTINUE
28 FF=(ZBD(I1,I1)-ZBD(I2,I2))*KC(I1)-RBD(I2,I1)-
29   * (RBD(I1,I1)-RBD(I2,I2))*ZC(I1)-ZBD(I2,I1)
30 PPP(K3)=ZBD(I1,I1)-ZBD(I2,I1)
31 PPP(K4)=RBD(I1,I1)-RBD(I2,I1)
32 PPP(K5)=FF
33 IF(ABS(FF).LT.1.0E-8) GO TO 31
34 IF(ABS(FF).GE.0.0001) GO TO 35
35 GO TO 34
36 CONTINUE
37 LL=0
38 IF(CJ.EQ.3) I3=1
39 I3=I2+1
40 CONTINUE
41 C1=PPP(K3)*RBD(I3,I1)+KC(I1)+PPP(K4)*ZBD(I3,I1)-ZC(I1)
42 IF(C1.EQ.0.AND.DABS(C1).LT.1.0E-8) GO TO 33
43 IF(C1.GE.0.0001) GO TO 34
44 CONTINUE
45 LL=LL+1
46 I3=I3+1
47 IF(CJ.EQ.2) I3=1
48 GO TO 32
49 CONTINUE
50 PPP(K3)=PPP(K3)
51 PPP(K4)=PPP(K4)
52 PPP(K5)=PPP(K5)
53 CONTINUE
54 IF(CJ.EQ.4) GO TO 40
55 K3=K3+K1
56 K4=K4+K1
57 K5=K5+K1
58 CONTINUE

```

FACUM 230-75 (M7) FORTRAN-D -750713- V06-L05 76.01.14 PAGE 17

* SOURCE STATEMENT (PENAL) *

```

59 K1=K5
60 K2=K2+2
61 GO TO 50
62 CONTINUE
63 I1=I1
64 FF=RD(C1,I)-RC(I1)
65 CI=RD(C2,I)-RC(I1)
66 IF (ABS(CFF)-LT,1.0D-4,AND,ABS(C1),LT,1.0D-4) GO TO 54
67 IF (FF.LT.C1)
68 C2=FF
69 GO TO 56
70 CONTINUE
71 C2=C1
72 C1=FF
73 GO TO 56
74 CONTINUE
75 C1=ZB(C1,I)-ZC(I1)
76 C2=ZB(C2,I)-ZC(I1)
77 IF (C2.GT.C1)
78 C1=C2
79 C2=FF
80 CONTINUE
81 PPP(K5)= 1.0D0
82 PPP(K5)=-C1
83 KJ=K3+I1
84 K5=K5+I1
85 PPP(K3)=-1.0D0
86 PPP(K5)= C2
87 K1=K5
88 K2=K2+1
89 CONTINUE
90 IF (K1.EQ.IPENN) RETURN
91 WRITE(OUT,1000) K5,IPENN
92 STOP
93
94 1000 FORMAT(10D12.0(1H*),/
1 10X,'PENALTY MATRIX SIZE DOES NOT AGREE WITH THE CALCUL
2 ATION RESULT' K5=I5,' IPENN=I5)
E10
75

```

* SOURCE STATEMENT *

```

1  DOUBLE PRECISION FUNCTION OBJCT(X,RXX,ZZX,THET,N,I,MAX,NMAX)
2  COMMON /INPO/ ITIT2(18),ITIT2(18),NGC(48),IJM(51),ICMX(50),NGROP,
3  * UM,RO,ZU,DR,DZ,EU,PAI,IS,WT
4  COMMON /POST/ RC (100),ZC (100),CURR(100)
5  COMMON /PLGR/ RT,RP
6  COMMON /STOH/ RRG(200),RST(500)
7  * COMMON /FACT/ FNOM
8  * COMMON /DELC/ MDEL,INDEL(50),MCM(51),MCMX(50),
9  * ORCA(100),DZC(100),DCM(100)
10 DIMENSION X(N),RRA(IMAX),ZXA(IMAX),THET(N,MAX)
11 DOUBLE PRECISION RC,ZC,RR,ZXA,THEI,X,XT,UM,PAI,DELT
12 DOUBLE PRECISION RI,ZJ,RR,TBZ,TBR,TDUM,BB
13 DOUBLE PRECISION RADS,RR0,BST,WDR,FNUM
14 WDR = 0.000
15 CALL TRANSX(RC,ZC,RXX,ZZX,IMAX)
16 CONTINUE
17 IF (ABS(NGC(1)),LT,5) GO TO 20
18 NR=NMAX/2
19 IF (ABS(BST(NN)),LT,1.0D-10) GO TO 20
20 IF (NGC(1),LT,0) GO TO 12
21 XT=THET(NN)
22 R4=RADS(4T)
23 RI=RT+RR*DCOS(4T)
24 ZJ= RR*DSIN(4T)
25 GO TO 14
26 CONTINUE
27 RT=RR0(NN)
28 ZJ=0.000
29 CONTINUE
30 TBZ=0.000
31 TBR=0.000
32 CALL COFLD(RI,ZJ,RRX,ZXA,CURR,TDUM,TBZ,TBR,EO,IMAX)
33 CNOM=UM*TBZ/BST(NN)
34 IF (NGC(1),GT,0) CNOM=UM*DSQRT(TBR*TBR+TBZ*TBZ)/BST(NN)
35 DO 16 J=1,IMAX
36 CURR(J)=CURR(J)/CNOM
37 CONTINUE
38 IF (NGC(1),LT,0) GO TO 100
39 DO 60 I=1,NMAX
40 IF (I,EW,1) GO TO 25
41 IF (I,EW,IMAX) GO TO 30
42 DELT=(THET(I+1)-THET(I))*0.500
43 GO TO 35
44 CONTINUE
45 DELT=THET(2)*0.500
46 GO TO 35
47 CONTINUE
48 DELT=(THET(1)-THET(I-1))*0.500
49 CONTINUE
50 XI = THET(1)
51 RR = RADS(4T)
52 RI = RT+RR*DCOS(4T)
53 ZJ = RR*DSIN(4T)
54 TBZ=0.0
55 TBR=0.0
56 CALL COFLD(RI,ZJ,RRX,ZXA,CURR,TDUM,TBZ,TBR,EO,IMAX)
57 BB = (DSQRT(TBR*TBR+TBZ*TBZ)*UM)-BST(1)

```

* SOURCE STATEMENT (OBJECT) *

```

58 B1 = 90*33
59 IF (GSC(1)/2*2.E6.E6.GC(1)) GO TO 50
60 WORK = WORK+R*DELTA*B5
61 GO TO 63
62 CONTINUE
63 IF (DB.GT.WORK) WORK=B5
64 CONTINUE
65 OBJECT = WORK*F*OM
66 RETURN
67
68 ZJ = 0.000
69 DX = 160 / I1*IMAX
70 IF (I.EW.I1) GO TO 110
71 IF (I.EW.IMAX) GO TO 120
72 DELTA = (R*O(I+1) - R*O(I-1)) * 0.500
73 GO TO 130
74 CONTINUE
75 DELTA = (R*O(I+1) - R*O(I)) * 0.500
76 GO TO 130
77 CONTINUE
78 DELTA = (R*O(I) - R*O(I-1)) * 0.500
79
80 RI = R*O(I)
81 T62 = 0.000
82 T64 = 0.000
83 CALL CURR(PI,ZJ,IRRA,ZLX,CURR,IDUR,IBZ,IBR,EG,IMAX)
84 BE = T62*OM-B5(I)
85 BE = BE*DB
86 IF (GSC(1)/2*2.E6.E6.GC(1)) GO TO 150
87 WORK = WORK+BE*DELT
88 GO TO 100
89 CONTINUE
90 IF (DB.GT.WORK) WORK=B5
91 CONTINUE
92 OBJECT = WORK*F*OM
93 RETURN
94 END

```

* SOURCE STATEMENT *

```

1 SUBROUTINE TRANS(A,NRKC,ZC,HRX,ZZX,IMAX)
2 COMMON /INP0/ IT(11),IT2(11),IT2(11),NGC(48),IURN(11),ICNX(50),NGRCP,
3 * UM,RO,ZU,DR,RZ,EU,PAI,ISWT
4 COMMON /MVD0/ NOCOL(70),RBD(4,70),ZBD(4,70),NDCL
5 DIMENSION ACN(1),RRX(IMAX),ZCX(IMAX),RC(1),ZC(1)
6 DOUBLE PRECISION X,RC,ZC,HRX,ZZX,RBD,ZBD,CL,C2,UM,PAI,C3
7 CONTINUE
8 JJ=1
9 DO 100 I=1,IMAX
10 DO 20 J=1,NDCL
11 I1=NOCOL(J)
12 IF(CEW*ABS(I1)) GO TO 30
13 CONTINUE
14 GO TO 100
15 CONTINUE
16 IF(II.LE.0) GO TO 40
17 HRX(I)=RC(I)+X(JJ)
18 ZXA(I)=ZC(I)+X(JJ+1)
19 JJ=JJ+2
20 GO TO 100
21 CONTINUE
22 C1=ZBD(1,J)-ZC(I)
23 C2=RBD(1,J)-RC(I)
24 C3=RBD(2,J)-RC(I)
25 IF(ABS(C1).LT.1.0D-4) C1 = 0.000
26 IF(ABS(C2).LT.1.0D-4.AND.ABS(C3).LT.1.0D-4) GO TO 50
27 CL=ZBD(2,J)-ZC(I)
28 C2=C3
29 IF(ABS(C1).LT.1.0D-4) C1 = 0.000
30 CONTINUE
31 RRX(I)=RC(I)+X(JJ)
32 ZXA(I)=ZC(I)+X(JJ)*CL/C2
33 GO TO 60
34 CONTINUE
35 ZXA(I)=ZC(I)+X(JJ)
36 CONTINUE
37 JJ=JJ+1
38 GO TO 100
39 RETURN
40 END

```


* SOURCE STATEMENT *

```

1  SUBROUTINE VALUE (IMAX,IMAC,NMAX,
2  RC,ZC,CURR,IR,ANGRO,DP,BV)
3  COMMON /IRDP/ ITR(13),ITR2(19),NGC(48),IUM(51),ICMX(50),NGROP,
4  * UM,DU,ZU,DR,DUZ,EU,PA,ISWT
5  COMMON /PLSN/ AT,AP
6  COMMON /DEL/ DEL,DEL(50),MCM(51),CMX(50),
7  * JRC(100),DZC(100),DCR(100)
8  DIMENSION R(IMAX),ANGNMAX,BOGKMAX,BPCKMAX),BV(KMAX)
9  DIMENSION AC(17),ZC(1),CURR(1)
10 DOUBLE PRECISION L,NGBO,ENGGP,ENGBV, DELVA,TOFBO,TOFBP,TOFBV,
11 * AVRS,AVRNP,AVRBY,AV,DDAY,TBP,AVTBY,
12 * TOMBO,TOMBP,TOMBV,BOMAX,BPMAK,BVMAX,
13 * DIFFLOAD,DFLU,DRB,
14 * OOOK,BPPK,BVVK
15 DOUBLE PRECISION Bbr,bbz,tst,tdt
16 DOUBLE PRECISION ANGK,IBZ,IBR,IPSA,UM,PA,IC,ZC,KI,ZJ
17 DOUBLE PRECISION DRC,DZC
18 KARP
19 ISRT=1
20 NREJ=NGC(21)
21 DR=RA/FLOAT(IMX)
22 RL=DRA/ZU
23 DO 20 I=1,IMAX
24 IF(1-NE-1) R(I)=R(I-1)*DRK
25 J=REJEI
26 DO 10 J=1,JIM
27 K=REJ1*(I-1)/2+J
28 ANGK)=(OFLOAT(J)-0.5)*PAI/DFLOAT(JIM)
29 ANGN)=ANGK+ANGK)
30 CONTINUE
31 DO 60 I=1,IMAX,
32 J=REJEI
33 DO 50 J=1,JIM
34 K=REJ1*(I-1)/2+J
35 ANGN)=ANGK)
36 RI=(R(I)+R(I)/DCUS(ANGK)
37 ZJER(I)=DSIN(ANGK)
38 TBT=0.0
39 TBT=0.0
40 TBT=0.0
41 TBT=0.0
42 IMAK=IUM,NGROP+1)-1
43 CALL CDFLAT(ZJ,RC,ZC,CURR,IPSAY,IBZ,IBR,EU,IMAX)
44 IPSAY=UR*IPSAY
45 TOR =UR*IBR
46 TBZ =UR*TBZ
47 BECA)=DSIN(TBR*IBR+TBZ*TBZ+TB1*TB1)*1.0E+4
48 ANGN)=ANGK)
49 BPCK)=(192*DCUS( ANGK J-TBR*DSIN( ANGK J))*1.0E+4
50 SVCAZ)=(TBZ*DSIN( ANGK J+TBR*DCUS( ANGK J))*1.0E+4
51 CONTINUE
52 CONTINUE
53 WRITE (6,2700)
54 IF (NGC(27)=0) GO TO 50
55 IF (NGC(27)=0) GO TO 85
56 WRITE (5,1000)
57 CALL PRINT (NWEI,IMAC,NMAX,BO)
58 CALL PRINT (NWEI,IMAC,NMAX,BT)

```

* SOURCE STATEMENT (VALUE) *

```

23 CONTINUE
24 IF (NGC(1).GE.4) GO TO 90
25 WRITE (6,110)
26 CALL PRINT (NWEI,IMAC,KMAX,IBP)
27 CONTINUE
28 IF (NGC(1).GE.3) GO TO 90
29 WRITE (6,110)
30 CALL PRINT (NWEI,IMAC,KMAX,IBV)
31 CONTINUE
32 ENERGY=0 KEISAN
33 ENGB=0.0
34 ENBP=0.0
35 ENBV=0.0
36 DO 100 I=1,IMAC
37 J1=NWEI*I
38 DO 95 J=1,J1
39 K=NWEI*(J1-1)/2+J
40 UM=PAI*4.0D-7
41 DLVK=2.0*2.0*PAI*DRR*(RT+RCI)*DCOS(ANGK))*R(I)/DFLOAT(J1M)
42 BBOOK=0.0(K)
43 BPPK=BP(K)
44 BVVK=BV(K)
45 ENGB=ENGB+DELVK*BPPK*BP/K/(2.0*UM)*1.0D-8
46 ENBP=ENBP+DELVK*BBOOK*BOOK/(2.0*UM)*1.0D-8
47 ENBV=ENBV+DELY*BVK*BVVK/(2.0*UM)*1.0D-8
48 CONTINUE
49
50 CONTINUE
51 WRITE (6,110) ENGB,ENBP,ENBV
52 TUNKEI=SHORT
53 TMB=0.0
54 TMBP=0.0
55 TMBV=0.0
56 WRITE (6,100)
57 DO 210 I=1,IMAC
58 J1=NWEI*I
59 DO 200 J=1,J1
60 K=NWEI*(J1-1)/2+J
61 BBOOK=0.0(K)
62 BPPK=BP(K)
63 BVVK=BV(K)
64 TMB=TMBO+DABS(BBOOK)
65 TMBP=TMBP+DABS(BPPK)
66 TMBV=TMBV+DABS(BVK)
67 TCFBO=TCFBO+DABS(BBOOK)
68 TCFBP=TCFBP+DABS(BPPK)
69 TCFBV=TCFBV+DABS(BVK)
70 AVRB0=TOFB0/DFLOAT(J1)
71 AVRBP=TOFBP/DFLOAT(J1)
72 AVRBV=TOFBV/DFLOAT(J1)
73 CONTINUE
74
75 WRITE (6,200) 1,AVRB0,AVRBP,AVRBV
76 AVTB0=TOB0/DFLOAT(KMAX)
77 AVTBP=TOBP/DFLOAT(KMAX)
78 AVTBV=TOBV/DFLOAT(KMAX)

```

* SOURCE STATEMENT (VALUE)*

```

110      WRITE (C+2350)      AVI00,AVTET,AVT0V
111      SAIDAI ZIBA
112      BOMAX=0.0
113      BOPMAX=0.0
114      BVMAX=0.0
115      DL 550 I=1,IMAX
116      JIM=NEI*1
117      DO 340 J=1,JIM
118      K=NEI*(I-1)/2+J
119      IF (ABS(BOK(K)).GE.BOMAX)
120      IF (ABS(OP(K)).GE.BOPMAX)
121      IF (ABS(DP(K)).GE.BPMAX)
122      IF (ABS(OV(K)).GE.BVMAX)
123      IF (ABS(BV(K)).GE.BVMAX)
124      IF (ABS(BO(K)).GE.BOMAX) BOMAX= ABS(BOK(K))
125      IF (ABS(OP(K)).GE.BPMAX) BOPMAX= ABS(OP(K))
126      IF (ABS(OV(K)).GE.BVMAX) BVMAX= ABS(OV(K))
127      CONTINUE
128      DO 350 CONTINUE
129
130      C
131      WRITE (C+2200) BOMAX,BPMAX,BVMAX
132      WRITE (C+2220) I0,J0,JP,JP+IV,JV
133      BUNPU NANSU
134      IF (CNGC(C+2).EQ.0) GO TO 3000
135      D=0.50/DFLOAT(NOC(23))
136      L=AO=101*(BOMAX/DRB)+1
137      L=AV=101*(BPMAX/DRB)+1
138      WRITE (C+2250)
139      DO 450 L=1,L*AO
140      NDB=0
141      DO 430 I=1,IMAX
142      JI=I*WEI*1
143      DO 420 J=1,JIM
144      K=NEI*(I-1)/2+J
145      DIFFLO=DFLOAT(L-I)*DRB
146      IF (BOK(K).GE.DIFFLO.AND.BOK(K).LT.I*DIFFLU) NOBO=NOBO+1
147      CONTINUE
148      DO 440 CONTINUE
149      WRITE (C+2300) L, NOBO
150      C
151      WRITE (C+2350)
152      DO 550 L=1,L*MX
153      NOBPP=0
154      NOBPM=J
155      DO 530 I=1,IMAX
156      JIM=NEI*1
157      DO 520 J=1,JIM
158      K=NEI*(I-1)/2+J
159      IF (OP(K)) 1,2+2
160      1 DIFFLO=-1.0*DFLOAT(L)*DRB
161      DIFFLU=-1.0*DFLOAT(L-1)*DRB
162      IF (BP(K).GE.DIFFLO.AND.BP(K).LT.I*DIFFLU) NOBPM=NOBPM+1
163      2 DIFFLO=DFLOAT(L)*DRB
164      DIFFLU=DFLOAT(L-1)*DRB
165      IF (BP(K).GE.DIFFLO.AND.BP(K).LT.I*DIFFLU) NOBPP=NOBPP+1
166      CONTINUE
167      DO 520 CONTINUE
168      DO 530 CONTINUE

```

* SOURCE STATEMENT (VALUE) *

```

167 WRITE (6,2400) L,NOBPF,NOBPM
168 CONTINUE
169 WRITE (6,2450)
170 DO 620 L=L+1,LMAX
171 NOBVP=0
172 NOBVM=0
173 DO 630 J=1,IMAX
174 JIM=J**2+1
175 DO 620 J=1,JIH
176 K=J**2*(J-1)/2+J
177 IF (BV(K)) 3,5,5
178 3 DIFFLG=-1.0*DFLOAT(L)*URB
179 DIFFLU=-1.0*DFLOAT(L-1)*DRB
180 IF (BV(K).GE.DIFFLG.AND.(BV(K).LT.DIFFLU) NOBVP=NOBVM+1
181 5 DIFFLU=DFLOAT(L-1)*DRB
182 DIFFLU=DFLOAT(L)*URB
183 IF (BV(K).GE.DIFFLU.AND.(BV(K).LT.DIFFLU) NOBVP=NOBVP+1
184 620 CONTINUE
185 630 CONTINUE
186 WRITE (6,2500) L,NOBVP,NOBVM
187 650 CONTINUE
188 1000 FORMAT (1H,10H*****2X,2H0,2X,10H*****)
189 1010 FORMAT (1H,10H*****2X,2HBP,2X,10H*****)
190 1020 FORMAT (1H,10H*****2X,2HBY,2X,10H*****)
191 1030 FORMAT (1H,10H*****2X,2HBI,2X,10H*****)
192 1100 FORMAT (1H0,6HAGNETIC,1X,6HENERGY,2X,5H*****/
193 110,2X,6HEMBOB,1PE15,6,5X,6HEINGBP,1PE15,8,
194 2X,6HEINGVA,1PE15,8)
193 1800 FORMAT (1H0,13HREIKING18A*****/
194 1H,8X,2H 1,25X,2H0,28X,2HBP,28X,2HBY)
195 2000 FORMAT (1H,6X,15,5X,15,1PE15,8)
195 2050 FORMAT (1H0,5H10TAC,1X,7HVERAGE,5H*****1H,25X,2H0,30X,2HBP,
30X,2HBY,1H,8X,3,15X,1PE15,8)
196 2200 FORMAT (1H0,7HMAX10M,1X,6HMAGNETIC,1X,5HF IELD,2X,5H*****/
196 1H0,5X,6H00MA,1PE15,8,2X,6HBPNA,1PE15,8,
2X,6HVA,1PE15,8)
197 2270 FORMAT (1H,14X,1H,13,1H,13,1H)
197 2270 FORMAT (1H,13,1H,13,1H)
198 2250 FORMAT (1H0,2H0,1A,2H0,1A,5H0UNP,2X,5H*****/
199 2300 FORMAT (1H,30X,15,3X,15)
200 2350 FORMAT (1H0,2HBP,1X,2H0,1X,5H0UNP,2X,5H*****/
2H,40X,1H,7A,1H)
201 2400 FORMAT (1H,30X,15,3X,15,3A,15)
202 2450 FORMAT (1H0,2H0,1A,2H0,1A,5H0UNP,2X,5H*****/
1H,40X,1H,7A,1H)
203 2500 FORMAT (1H,30X,15,3X,15)
204 2700 FORMAT (1H1,??)
205 3000 ReLorb
206 END

```

* SOURCE STATEMENT *

```

1  SUBROUTINE CFLD(RC,ZC,CURR,R,Z,UBZ,BR,PSI,IMA,IMX,JMX)
2  COMMON /DVEZ/ IOIN,IOU
3  COMMON /LIMP/ ITIT1(18),ITIT2(18),NGC(48),IJMN(51),ICNX(50),NGROP,
4  * UM,RU,ZU,DR,ADZ,EU,PAI,ISWT
5  * COMMON /DELCA/ MDEL,ANDEL(50),MCMN(51),MCMX(50),
6  * DRC(100),DZC(100),DCR(100)
7  * DIMENSION R(IMA),Z(JMX),B(1MX,JMX),BR(1MX,JMX),
8  * PSI(IMA,JMX)
9  * DIMENSION RC(1),ZC(1),CURR(1)
10 * DOUBLE PRECISION RC,ZC,UM,PAI,R1,ZJ,TPSI,TBZ,TBR
11 * DOUBLE PRECISION DRC,DZC
12 CONTINUE
13 R(1)=RU
14 Z(1)=ZU
15 DO 20 I=2,IMX
16 R(I)=R(I-1) + UR
17 Z(I)=Z(I-1) + UZ
18 DO 30 J=2,JMX
19 R1 = R(I)
20 DO 100 J=1,JMX
21 ZJ = Z(I)
22 TPSI=0.000
23 TBR =0.000
24 TEZ =0.000
25 CALL CFLD(R1,ZJ,RC,ZC,CURR,TPSI,TBZ,TBR,EU,1MX)
26 BK (I,J)= UM*TBR
27 BZ (I,J)= UM*TBZ
28 B (I,J)= UM*DSORT(TBR*TBR+TBZ*TBZ)
29 PSI(I,J)= UM*TPSI
30 CONTINUE
100 WRITE(1001,1000) (ITIT1(I),I=1,18)
101 WRITE(1001,1010) (ITIT2(I),I=1,18)
102 WRITE(1001,1015)
103 DC 900 IS=1,NGROP
104 ISTA=IJMN(1S)
105 ILAS=IJMN(1S+1)-1
106 WRITE(1001,1020) IS
107 WRITE(1001,1030) (I,RC(I),ZC(I),I=1,ISTA,ILAS)
108 WRITE(1001,1040) (I,CURR(I),I=1,ISTA,ILAS)
900 CONTINUE
109 IF(MDEL.EQ.0) GO TO 902
110 WRITE(1001,1090)
111 DO 902 IS=1,MDEL
112 ISTA=MCMN(1S)
113 ILAS=MCMN(1S+1)-1
114 WRITE(1001,1100) MDEL(1S)
115 WRITE(1001,1036) (I,DRC(I),DZC(I),I=1,ISTA,ILAS)
116 WRITE(1001,1040) (I,DCR(I),I=1,ISTA,ILAS)
902 CONTINUE
903 CONTINUE
117 WRITE(1001,1041) (I,R(I),I=1,1MX)
118 WRITE(1001,1042) (I,R(I),I=1,1MX)
119 WRITE(1001,1043) (J,Z(J),J=1,JMX)
120 WRITE(1001,1042) (J,Z(J),J=1,JMX)
121 IF(NGC(11).EQ.0) GO TO 920
122 IF(NGC(11).EQ.3) GO TO 905

```

* SOURCE STATEMENT (CFLD)*

```
57 WRITE(1001,1050)
58 CALL POUT(PSI,IMX,IMX)
59 CONTINUE
60 IF (NGCC(I)) .NE. 2 .AND. NGC(I1).NE.3) GO TO 920
61 I=1; NGC(I1)
62 IMU=NGC(I16)
63 I=2; NGC(I17)
64 JMU=NGC(I18)
65 IF (JZM(I).EQ.0) JZMU=1
66 CONST=10.0
67 AFORM=PSI(I,IMU,JZMU)
68 DO 910 J=1,IMX
69 DO 910 I=1,IMX
70 PSI(I,J)=PSI(I,J)-ANORM)*CONST
71 CONTINUE
72 AFORM=ABS(PSI(I,IMU,JZMU))
73 IF (ABS(PSI(I,IMU,JZMU))>.GT.ABS(PSI(I,IMU,JZMU)))
   AFORM=ABS(PSI(I,IMU,JZMU))
74 CONST=1.0/ANORM
75 DO 915 J=1,IMX
76 DO 915 I=1,IMX
77 PSI(I,J)=PSI(I,J)*CONST
78 CONTINUE
79 CALL POUT(PSI,I,IMX,I,JM,IMX,IMX,JM,I)
80 CONTINUE
81 IF (NGC(I2).EQ.0) GO TO 921
82 WRITE(1002,1060)
83 CALL POUT(OR,IMX,IMX)
84 CONTINUE
85 IF (NGC(I2).EQ.0) GO TO 922
86 WRITE(1003,1070)
87 CALL POUT(IZ,IMX,IMX)
88 CONTINUE
89 IF (NGC(I4).NE.1 .AND. IABS(NGC(I4)).NE.2) GO TO 923
90 WRITE(1004,1080)
91 CALL POUT(6 ,IMX,IMX)
92 CONTINUE
93 IF (IABS(NGC(I4)).NE.2 .AND. IABS(NGC(I4)).NE.3) GO TO 940
94 CONST=1.0E+4
95 IF (NGC(I4).LT.0) CONST=1.0
96 DO 930 J=1,IMX
97 DO 930 I=1,IMX
98 BC(I,J)=0.(I,J)*CONST
99 CONTINUE
100 CALL POUT(6,I,IMX,I,JM,IMX,IMX,JM,I)
101 RETURN
102
103 FORMAT(I11,18A4)
104
105
106 FORMAT(CM5, COIL POSITION, R(I),Z(I) AND CURR(I) )
107
108
109 FORMAT(CM4,*,*,* GROUP=*,I3,*,*)
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
```

PACOM 230-75 (M7) FORTRAN-L -750713- V06-L05 76.01.14 PAGE 27

```

* SOURCE STATEMENT (CFLD) *
112 1050 FORMAT(CM1, /1H ,15H***** PSI ***** )
113 1060 FORMAT(CM1, /1H ,15H***** BR ***** )
114 1070 FORMAT(CM1, /1H ,15H***** BZ ***** )
115 1080 FORMAT(CM1, /1H ,15H***** B ***** )
116 1090 FORMAT(CM0, COIL NO. AND COILS DEL-R,DEL-Z,DEL-J CONTAINS IN ITS
      *COIL, )
117 1100 FORMAT(CM0,4X,*,*,*,13,*,*TH COIL ***)
118      END
    
```

FACOM 230-75 (M7) FORTRAN-D -750715- V06-L05 76.01.14 PAGE 28

* SOURCE STATEMENT *

```

1 SUBROUTINE COPLD(RI,ZJ,RRX,ZZX,ICURR,TPSI,TBZ,TBR,EO,IMAX)
2 COMMON /BELC/ MDEL,INDEL(50),MCMX(51),MCMX(50),
3 DRCC(100),DZC(100),DCCR(100)
4 DIMENSION RRX(IMAX),ZZX(IMAX),CURR(IMAX)
5 DOUBLE PRECISION RI,ZJ,RRX,ZZX,DKC,DZC,TPSI,TBZ,TBR,BZ,BR,PSI
6 DO 100 J=1,IMAX
7 M=0
8 IF (MDEL.LE.0) GO TO 70
9 DO 50 M=M+1,MDEL
10 IF (J.EW.MDEL(N)) GO TO 60
11 CONTINUE
12 GO TO 70
13
14 M=M+1
15 IF (M.GT.MCMX(N)+1) GO TO 100
16 CONTINUE
17 RRC=RRX(J)
18 ZC=ZZX(J)
19 CI=CURR(J)
20 IF (M.LE.1) GO TO 40
21 MD=MCMX(M)+M-2
22 RRC=RRC+DKC(MD)
23 ZC=ZC+DZC(MD)
24 CI=CI+DCCR(MD)
25 CONTINUE
26
27 IF (DABS(CI).LT.1.0D-10) GO TO 90
28 IF (DABS(RI-RRC).LT.EQ.AND.DABS(ZJ-ZC).LT.EQ) GO TO 110
29 CALL FLDVNI(ZJ,RRC,ZZC,CI,PSI,BZ,BR)
30 TBR=TBR+BR
31 TBZ=TBZ+BZ
32 ZC=ZC
33 CALL FLDVNI(ZJ,RRC,ZZC,CI,PSI,BZ,BR)
34 TPSI=TPSI+PSI
35 TBZ=TBZ+BR
36 TBR=TBR+BR
37 CONTINUE
38 IF (M.EQ.0) GO TO 60
39 CONTINUE
40 RETURN
41 CONTINUE
42 TPSI=1.0D7
43 TBZ=1.0D17
44 TBR=1.0D17
45 RETURN
46 END

```


* SOURCE STATEMENT *

```

C *****
C SMPLEX
C *****
C SUBROUTINE SMPLEX(FUN,AL,XXX,MRP,FRW,MINI,NNI,ISA,NMX,
1 AH,XS,XXG,XXK,AL,XL,AX,FX,FP,PE,NMLT,ARR,XZ,X,THET,
2 EPSF,ALP,BE,GAM,
3 IMAX,IRIT,IRIT,IPSKP,IPEN,IPENN)
C *****
C IMPLICIT DOUBLE PRECISION(A-H,O-Z)
C *****
C MINIMIZATION PROGRAM (SIMPLEX METHOD BY AELDER AND MEAD)
C *****
C ** DESCRIPTION OF PARAMETERS
C *FU: DOUBLE PRECISION FUNCTION TO BE MINIMIZED
C *AL(N) NEW VALUE OF X
C *FRW NEW VALUE OF FU
C *NN NUMBER OF VARIABLES
C *NLI =N*(N+1)
C *EPSF PARAMETER FOR STOPPING CRITERION
C *IRMA *IF(CPSF,LE,0.0) EPSF=1.0E-08
C * *IF(CMAX,EW,0) IMAK=40
C *INIT TYPE OF INITIAL SIMPLEX
C * *1 AXIAL SIMPLEX
C * *2 REGULAR SIMPLEX
C * *3 IRREGULAR SIMPLEX
C * *XXX(N,NL) COORDINATES OF VERTICES OF SIMPLEX
C * *XXX(1) ...XXX(N) VERTEX NO.1
C * *XXX(N+1) ...XXX(2*N) VERTEX NO.2
C * * * * *
C * *XXX(N*N+1),...XXX(N*N) VERTEX NO. N+1
C * *IF(INIT,LE,1) VERTEX NO.1 SHOULD BE PROVIDED IN XL
C * *IF(INIT,EW,2) ALL VERTICES PROVIDED IN XXX
C * *HLEN(N) LENGTH OF EDGES OF INITIAL SIMPLEX
C * *ALP REFLECTION COEFFICIENT
C * *IF(CALP,LE,0.0) ALP=1.0
C * *BET CONTRACTION COEFFICIENT
C * *IF(CBET,LE,0.0) BET=0.5
C * *GAM LAPARSION COEFFICIENT
C * *IF(CGAM,LE,0.0) GAM=2.0
C * *IRIT NO OUTPUT CONTROL
C * * *1 NO OUTPUT IN SMPLEX
C * * *2 FPRHS,FFL,FF,XX,XX*AL
C * * *3 FPH,FFS,FFL,FF,XX,XX*AL,ALL F AND ALL X
C * *IPSKP PRINT OUT EVERY IPSKP ITERATION
C * *IF(CIPSKP,LE,0) IPSKP=1
C * * *1 AFTER IWRT, MIN. ELAPSED
C * * *2 NO. OF I/O DEVICE
C * * *3 IF(LWRD,LE,0) LWRD=50
C * * *4 THEN CALCULATION IS STOPPED
C * *IWHEN NUMBER OF CONSTRAINTS
C * *PPP(IPEN) COEFFICIENTS OF CONSTRAINING EQUATIONS
C * *PPLT(1)*XX(1)+...+PPP(N)*XX(N)+PPP(Q1)*GE,0.0 (EQ.1) SMPLEX 98
C * *PZMILT MULTIPLICATION FACTOR FOR PENALTY TERM SMPLEX 99

```

* SOURCE STATEMENT (SMPLX J)*

```

3      C      * IF(PENMLT.LE.0.0) PENMLT=100.0
4      C
5      C
6      C      DIMENSION XXX(NIN1),HHH(N),PPP(IPENN),AL(N)
7      C      DIMENSION XH(N),XS(N),XG(N),XR(N),XC(N),XE(N),XX(N),FNC(N1)
8      C      DIMENSION RRX(IMA),ZZA(IMA),THEI(NMX)
9      C
10     C      * * * * *
11     C      INITIALIZATION
12     C      * * * * *
13     C      IF(LPSF.LE.0.0) EPSF=1.0E-08
14     C      IF(IMAX.LE.0) IMAX=40
15     C      IF(ALP.LE.0.0) ALP=1.0
16     C      IF(BET.LE.0.0) BET=0.5
17     C      IF(GAM.LE.0.0) GAM=2.0
18     C      IF(IPSKP.LE.0) IPSKP=1
19     C      IF(PENMLT.LE.0.0) PENMLT=100.0
20     C      KSTOP=0
21     C
22     C      * * * * *
23     C      PREPARATION OF INITIAL SIMPLEX
24     C      * * * * *
25     C      IF(LIMIT.EQ.2) GO TO 1055
26     C      DO 1001 J=1,N
27     C      XXX(J)=AL(J)
28     C      CONTINUE
29     C      IF(LIMIT.EQ.1) GO TO 1020
30     C      DO 1003 I=1,N
31     C      IN=I*N
32     C      DO 1002 J=1,N
33     C      JIN=J+IN
34     C      XXX(JIN)=XXX(J)
35     C      IF(LEW.J) XXX(JIN)=XXX(JIN)+HHH(J)
36     C      CONTINUE
37     C      IF(IPER.EQ.0) GO TO 1055
38     C      K=1
39     C      K=K+1
40     C      IF(K.GT.N1) GO TO 1055
41     C      DO 1023 I=1:IPEN
42     C      PEN=0.0
43     C      DO 1022 J=1,N
44     C      JIN=I*N1-N1+J
45     C      KEN=K*N-N+J
46     C      PEN=PEN+PPP(JIN)*XXX(KEN)
47     C      CONTINUE
48     C      JIN=I*N1
49     C      PEN=PEN+PPP(JIN)
50     C      IF(PEN.GE.0.0) GO TO 1023
51     C      GO TO 1024
52     C      CONTINUE
53     C      GO TO 1020
54     C      HHH(K-1)=0.5*HHH(K-1)
55     C      KEN=K*N-N+K-1
56     C      XXX(KEN)=XXX(KEN)+HHH(K-1)
57     C
58     C      SMPLX100
59     C      SMPLX 96
60     C      SMPLX 98
61     C      SMPLX100
62     C
63     C      SMPLX110
64     C      SMPLX112
65     C      SMPLX114
66     C      SMPLX116
67     C      SMPLX118
68     C      SMPLX120
69     C      SMPLX122
70     C      SMPLX124
71     C      SMPLX126
72     C      SMPLX128
73     C      SMPLA130
74     C      SMPLX 131
75     C      SMPLX
76     C      SMPLX146
77     C      SMPLX148
78     C      SMPLX150
79     C      SMPLX152
80     C      SMPLX154
81     C      SMPLX
82     C
83     C      SMPLX158
84     C      SMPLX160
85     C      SMPLX162
86     C      SMPLX164
87     C      SMPLX166
88     C      SMPLX168
89     C      SMPLX170
90     C      SMPLX172
91     C      SMPLX174
92     C      SMPLX
93     C      SMPLX
94     C      SMPLX
95     C      SMPLX
96     C      SMPLX
97     C      SMPLX
98     C      SMPLX
99     C      SMPLX
100    C      SMPLX
101    C      SMPLX
102    C      SMPLX
103    C      SMPLX
104    C      SMPLX
105    C      SMPLX
106    C      SMPLX
107    C      SMPLX
108    C      SMPLX
109    C      SMPLX
110    C      SMPLX
111    C      SMPLX
112    C      SMPLX
113    C      SMPLX
114    C      SMPLX
115    C      SMPLX
116    C      SMPLX
117    C      SMPLX
118    C      SMPLX
119    C      SMPLX
120    C      SMPLX
121    C      SMPLX
122    C      SMPLX
123    C      SMPLX
124    C      SMPLX
125    C      SMPLX
126    C      SMPLX
127    C      SMPLX
128    C      SMPLX
129    C      SMPLX
130    C      SMPLX
131    C      SMPLX
132    C      SMPLX
133    C      SMPLX
134    C      SMPLX
135    C      SMPLX
136    C      SMPLX
137    C      SMPLX
138    C      SMPLX
139    C      SMPLX
140    C      SMPLX
141    C      SMPLX
142    C      SMPLX
143    C      SMPLX
144    C      SMPLX
145    C      SMPLX
146    C      SMPLX

```

* SOURCE STATEMENT (SIMPLEX) *

```

47 K=K-1
48 GO TO 1020
49 CONTINUE
50 HABS=DABS(HHH(I))
51 DO 1051 I=1,N
52 HHH(I)=HABS*HHH(I)/DABS(HHH(I))
53 CONTINUE
54 DO 1055 I=1,N
55 IF=I*N
56 DO 1052 J=1,N
57 JIP=J*IN
58 XXX(JIN)=XXX(J)
59 IF(I.EV.J) XXX(JIP)=XXX(JIN)+HHH(J)
60 CONTINUE
61 1053 CONTINUE
62 ANI=NI
63 RNI=DSORT(ANI)
64 RNI=RNI+HABS
65 DU 1054 J=1,N
66 U=0.5*(-HHH(J)+RNI)
67 IF(HHH(J).LE.U) U=0.5*(-HHH(J)-RNI)
68 XXX(J)=XXX(J)-U
69 1054 CONTINUE
70 1055 CONTINUE
71 1100 CONTINUE
C
C
C
C
C
C
110 WRITE(6,110)
111 IF(INIT.EQ.0) GO TO 1200
112 WRITE(6,111) N,EPSF,ALP,BET,GAM
113 FORMAT(1H '///5X,NUMBER OF VARIABLES= ',I12/
114 5X,EPSSF= ',E12.5/
115 5X,REFLECTION COEFFICIENT(ALP)= ',E12.5/
116 5X,CONTRACTION COEFFICIENT(BET)= ',E12.5/
117 5X,EXPANSION COEFFICIENT(GAM)= ',E12.5///
118 5X,'***** INITIAL POSITION OF SIMPLEX *****')
119 DO 1113 I=1,NI
120 IN=IN+I
121 INC=INC+I
122 WRITE(6,112) (XXX(J),J=1,NI,IN)
123 CONTINUE
124 DO 1114 I=1,IPIEN
125 IN=IN+I
126 INP=IN+I
127 WRITE(6,115) IPEN,PENFLT
128 CONTINUE
129 WRITE(6,116) (PPP(J),J=1,NI,IN)
130 CONTINUE
131 1115 FORMAT(1H '///10X,***** CONSTRAINING CONDITIONS ****//5X,IPENALTY= ',IPE12.5)
132 1116 FORMAT(1H '///10X,MULTIPLICATION FACTOR FOR PENALTY= ',IPE12.5)
133 CONTINUE
134 ITH=0

```

SMPLX
SMPLX
SMPLX178
SMPLX180
SMPLX182
SMPLX184
SMPLX186
SMPLX188
SMPLX190
SMPLX192
SMPLX194
SMPLX196
SMPLX198
SMPLX200
SMPLX202
SMPLX204
SMPLX206
SMPLX208
SMPLX210
SMPLX212
SMPLX214
SMPLX216
SMPLX218
SMPLX
SMPLX220
SMPLX222
SMPLX224
SMPLX226
SMPLX228
SMPLX230
SMPLX232
SMPLX234
SMPLX236
SMPLX238
SMPLX240
SMPLX242
SMPLX244
SMPLX246
SMPLX248
SMPLX250
SMPLX252
SMPLX254
SMPLX256
SMPLX258
SMPLX260
SMPLX262
SMPLX264
SMPLX266
SMPLX267
SMPLX268
SMPLX269
SMPLX270
SMPLX271
SMPLX272
SMPLX274
SMPLX275
SMPLX276

* SOURCE STATEMENT (SMPLX) *

```

95 SMPLX278
96 SMPLX299
97 SMPLX280
98 SMPLX278
99 SMPLX280
100 SMPLX282
101 SMPLX284
102 SMPLX286
103 SMPLX287
104 SMPLX288
105 SMPLX289
106 SMPLX290
107 SMPLX292
108 SMPLX294
109 SMPLX296
110 SMPLX298
111 SMPLX299
112 SMPLX300
113 SMPLX301
114 SMPLX302
115 SMPLX304
116 SMPLX306
117 SMPLX308
118 SMPLX310
119 SMPLX312
120 SMPLX314
121 SMPLX31
122 SMPLX318
123 SMPLX32
124 SMPLX324
125 SMPLX326
126 SMPLX328
127 SMPLX330
128 SMPLX332
129 SMPLX334
130 SMPLX336
131 SMPLX338
132 SMPLX340
133 SMPLX342
134 SMPLX344
135 SMPLX346
136 SMPLX34
137 SMPLX350
138 SMPLX352
139 SMPLX354
140 SMPLX356
141 SMPLX358
142 SMPLX360
143 SMPLX366
144 SMPLX368
145 SMPLX370
146 SMPLX372
147 SMPLX374
148 SMPLX376
149 SMPLX378

C C
C C
C C
C C
C C
C C
6000 CONTINUE
1299 I=I+1
IF (I.GT.NL) GO TO 6100
IN=I*N
DO 1300 J=1,N
JIN=J*IN
XAJJ=XXXX(JIN)
1300 CONTINUE
ASSIGN 5001 TO IREIN
GO TO 8000
9001 CONTINUE
FACI=FFF
GO TO 1299
6100 CONTINUE
C C
C C
C C
C C
C C
C C
SEARCH ARIAS,ALXG
** ** ** ** **
** ** ** ** **
FMAX=-1.0E+50
FMIN= 1.0E+50
FMAX2=-1.0E+50
DO 1310 I=1,NL
IF (FNC(I).LT.FMAX) GO TO 1308
FMAX=FNC(I)
IIMAX=I
1308 IF (FNC(I).GT.FMIN) GO TO 1310
FMIN=FNC(I)
IIMIN=I
1310 CONTINUE
IIMAX=IIMAX-1
IIMAXH=IIMAX+1
IF (IIMAX.LE.0) GO TO 1320
DO 1315 I=1,IIMAXL
IF (FNC(I).LT.FHX2) GO TO 1315
FHX2=FNC(I)
IIMAX2=I
1315 CONTINUE
1320 CONTINUE
IF (IIMAXH.GT.NL) GO TO 1326
DO 1325 I=IIMAXH,NL
IF (FNC(I).LT.FMAX2) GO TO 1325
FMAX2=FNC(I)
IIMAX2=I
1325 CONTINUE
1326 CONTINUE
JIMAX=J*(IIMAX-1)*N
JIMIN=J*(IIMIN-1)*N
JIN2=J*(IIMAX2-1)*N

```

* SOURCE STATEMENT (SMPLX) *

```

142 XH(J)=XXX(JINA)
143 XL(J)=XXX(JINN)
144 XS(J)=XXX(JINZ)
145 CONTINUE
146 DO 1340 J=1,N
147 XG(J)=0.0
148 IF (IMAXL.LE.0) GO TO 1336
149 DO 1335 I=1,IMAXL
150 JIG=J*(I-1)*N
151 XG(J)=XG(J)+XXX(JIN)
152 CONTINUE
153 1335 CONTINUE
154 IF (IMAXH.GT.N) GO TO 1339
155 DO 1338 I=1,IMAXH,N
156 JIN=J*(I-1)*N
157 XG(J)=XG(J)+XXX(JIN)
158 CONTINUE
159 1338 CONTINUE
160 XG(J)=XG(J)/N
161 CONTINUE
162 FF=FN(I,IMAX)
163 FF5=FN(I,MAX2)
164 FL=FN(L,MIN)
165 FAEW=FFL
166 FJ=0.0
167 DO 2000 I=1,N
168 FF=FF+FN(I)
169 CONTINUE
170 FF=FF/N
171 FF=0.0
172 DO 2001 I=1,N
173 FF=FF+FN(I)*FU**2
174 CONTINUE
175 FF=FF/N
176 FF=DSORT(FF)
C
C
C
C
C
C
177 ** * * * *
178 WRITE RESULTS
179 ** * * * *
180 IF (IRIT.EQ.0) GO TO 1900
181 IPAG=50
182 NPF=(N**2)/5
183 IBL=63*N*VF
184 IF (IRIT.EQ.2) IBL=10*N*VF*(N*VF+5)
185 ILN=MAX(1,(IPAG-2)/IBL)
186 MITR=MOD(1TR,1P5K)
187 IF (MITR.EQ.0) GO TO 1365
188 ITS=(1TR-MITR)/1P5K
189 IF (MOD(ITS,ILN).NE.1) AMO,ILN,NE.1) GO TO 1360
190 WRITE(6,7002) EPSF,IMAX,INIT,ALP,BET,GAM
191 WRITE(6,7003) ITR,ICALL
192 WRITE(6,7004) FFF,FF5,FFL,FF
193 WRITE(6,7005) XH(J),XL(J)
194 WRITE(6,7006) XS(J),J=1,N
195 WRITE(6,7007) XL(J),J=1,N
196 IF (IHLI.EQ.1) GO TO 1900
197 WRITE(6,7008) (FN(I)),I=1,N
198

```

```

SMPLX380
SMPLX382
SMPLX384
SMPLX386
SMPLX388
SMPLX390
SMPLX392
SMPLX394
SMPLX396
SMPLX398
SMPLX400
SMPLX402
SMPLX404
SMPLX406
SMPLX408
SMPLX410
SMPLX412
SMPLX414
SMPLX416
SMPLX418
SMPLX420
SMPLX422
SMPLX424
SMPLX426
SMPLX428
SMPLX430
SMPLX432
SMPLX434
SMPLX436
SMPLX438
SMPLX440
SMPLX442
SMPLX444
SMPLX446
SMPLX448
SMPLX450
SMPLX452
SMPLX454
SMPLX456
SMPLX458
SMPLX460
SMPLX462
SMPLX464
SMPLX466
SMPLX468
SMPLX470
SMPLX472
SMPLX474
SMPLX476
SMPLX478
SMPLX
SMPLX
SMPLX
SMPLX482
SMPLX484
SMPLX486
SMPLX488
SMPLX490
SMPLX492
SMPLX494
SMPLX496

```


* SOURCE STATEMENT (SMFLEX)*

```

236 AC(J)=BT*AH(J)+(1.0-BT)*AG(J)
237 XX(J)=XL(J)
238 CONTINUE
239 ASSIGN 9003 TO IRLIN
240 GO TO 8000
241 CONTINUE
242 FFC=FF
243 IF(FFC.GE.FFH) GO TO 2300
244 DO 2250 J=1,N
245 XH(J)=AC(J)
246 JIX=J+CLIMAX-1)*N
247 XXX(JIX)=AC(J)
248 FFP=FFC
249 FFC=FF
250 CONTINUE
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000

```

```

* SOURCE STATEMENT (SMPLX ) *
289     FAC(LIMAX)=FFE
290     GO TO 6100
291     3500 DO 3600 J=1,N
292     AK(J)=AK(CJ)
293     JIX=J+(LIMAX-LJ)*N
294     XX(LJIX)=AK(J)
295     3600 CONTINUE
296     FAC(LIMAX)=FFR
297     GO TO 6100
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
298     CALL ICALL+1
299     IF (IPEN+HE-D) GO TO 8001
300     FFF=FON(XX,RRX,ZZA,THEI,N,IMX,IMMX)
301     GO TO IRETN, ( 9001,9002,9003,9004)
302     8001 DO 8020 L=1,IPEN
303     PEN=0.0
304     DO 8010 J=1,N
305     JIN=L*NI+J
306     PEN=PEN+PPP(CJIN)*XX(J)
307     8010 CONTINUE
308     JIN=L*NI
309     PER=PEN+PPP(CJIN)
310     IF (PEN+GE.0.0) GO TO 8020
311     FFF=FFF*(FFF=FFL)*PENMLT
312     GO TO IRETN, ( 9001,9002,9003,9004)
313     8020 CONTINUE
314     FFF=FON(XX,RRX,ZZA,THEI,N,IMX,IMMX)
315     GO TO IRETN, ( 9001,9002,9003,9004)
316     END
317
SMPLX726
SMPLX730
SMPLX732
SMPLX734
SMPLX736
SMPLX738
SMPLX740
SMPLX742
SMPLX746
SMPLX748
SMPLX750
SMPLX752
SMPLX754
SMPLX756
SMPLX758
SMPLX760
SMPLX762
SMPLX764
SMPLX790
SMPLX772
SMPLX774
SMPLX776
SMPLX780
SMPLX784
SMPLX786
SMPLX790
SMPLX792
SMPLX790
SMPLX798

```


FACOM 230-75 UNIT, FORTRAN-D -750715- V06-L05 76.01.14 PAGE 37

* SOURCE STATEMENT *

```

1  SUBROUTINE READ(LD,HRX,ZZX,CURR,IMAX,ITRA)
2  DIMENSION HRX(IMAX),ZZX(IMAX),CURR(IMAX),ITRA
3  DOUBLE PRECISION HRX,ZZX
4  IF(LD.LE.0) RETURN
5  IOL = 1
6  CALL DFILE(IOL,50,LL)
7  LL = LU
8  DREAD(IOL,LL) ITRA,
9  * WRITE(6,1000) HRX(I),ZZX(I),CURR(I),I=1,IMAX
10 WRITE(6,1010) IOL,ITRA,LD
11 WRITE(6,1020) (HRX(I),ZZX(I),I=1,IMAX)
12 WRITE(6,1030) (CURR(I),I=1,IMAX)
13 RETURN
14 1000 FORMAT(4H0,120(1H*))//
15 1H 20X, READ FROM DEVICE=,13, * * * STEP NO. =,13,
16 2H 120(1H**) , ** RECORD NO. =,13, //
17 1010 FORMAT(10X,13,1P2E13.5,1X,13,2E13.5,1X,13,2E13.5)
18 1020 FORMAT(10X,13,1P2E13.5,1X,13,2E13.5,1X,13,2E13.5)
19 1030 FORMAT(10X,13,1P2E13.5,1X,13,2E13.5,1X,13,2E13.5)
20 END

```

FACOM 230-75 UNIT, FORTRAN-D -750715- V06-L05 76.01.14 PAGE 38

* SOURCE STATEMENT *

```

1  SUBROUTINE WRITE(LD,HRX,ZZX,CURR,IMAX,ITRA)
2  DIMENSION HRX(IMAX),ZZX(IMAX),CURR(IMAX),ITRA
3  DOUBLE PRECISION HRX,ZZX
4  IF(LD.LE.0) RETURN
5  IOL = 1
6  CALL DFILE(IOL,50,LL)
7  LL = LU
8  DWRITE(IOL,LL) ITRA,
9  * WRITE(6,1000) HRX(I),ZZX(I),CURR(I),I=1,IMAX
10 LD = LL
11 RETURN
12 1000 FORMAT(14H0,20(1H*))// WRITE TO DEVICE=,13, * * * STEP NO. =,13,
13 1H 20X, ** RECORD NO. =,13,
14 END

```

FACOM 230-75 (v7) FORTRAN-D -750715- V06-L05 76.01.14 PAGE 39

* SOURCE STATEMENT *

```

1 SUBROUTINE FLD(RI,ZJ,CR,CZ,CI,PSI,BZ,BR)
2 IMPLICIT DOUBLE PRECISION(A-H,O-Z)
3 S=RI*RI+CA*CR+(ZJ-CZ)*(ZJ-CZ)
4 P=RI*CA+RI*CR
5 RK=(P+ZJ*(S+P))
6 RK=DSORT(RK)
7 CALL CEVJZD(RK,1,ELPK,ELPE,ILL)
8 IF (ILL.NE.0) GO TO 999
9 BZ=CI/(ZJ+DO*DSORT(S+P))*ELPK-(S-2.00*CR*CR)/(S-P)*ELPE
10 BR=CI/(ZJ+DO*DSORT(S+P))*ZJ-CZ/RI*(-ELPK+S/(S-P)*ELPE)
11 PSI=CI/H*DSORT(RI*CR)*(1+DO*RK*RN/2+DO)*ELPK-ELPE
12 RETURN
13 999 CONTINUE
14 WRITE(6,1000) ILL
15 RETURN
16 1000 FORMAT(1H0,60(1H*),10 WARNING IN FLD ILL=,15, 30(1H*))
17 END

```

FACOM 230-75 (v7) FORTRAN-D -750715- V06-L05 76.01.14 PAGE 40

* SOURCE STATEMENT *

```

1 DOUBLE PRECISION FUNCTION RAD5(X)
2 COMMON /PLSMY /TANP
3 DOUBLE PRECISION A
4 RAD5 = RP
5 RETURN
6 END

```

FACOM 230-75 (HT) FORTRAN-D -750715- V06-L03 76.01.14 PAGE 41

* SOURCE STATEMENT *

```

1 SUBROUTINE PRINT (NWEI,IMXC,KMAX,6)
2 DIMENSION IFMT(10),BCKMAX)
3 DO 10 I=1,10
4 IFMT(I)=4H
5 CONTINUE
6 IFMT(1)=4H(1H+
7 IFMT(2)=4H
8 IFMT(3)=4H(1,13
9 IFMT(4)=4H(1PE
10 IFMT(5)=4H(12,5
11 IFMT(6)=4H(2X)
12 DO 30 I=1,IMXC
13 JI=I*1
14 WRITE (6,1100) I
15 WRITE (6,1100)
16 JJ=1
17 DO 20 J=1,JI
18 K=NWEI*(I-1)/2+J
19 L=17*(JJ-1)+1
20 IFMT(3)=I6TOD(L)
21 WRITE (6,1FMT) J,BCK)
22 IF(JJ/7*.EQ.JJ) WRITE (6,1100)
23 IF(JJ/7*.EQ.JJ) JJ=0
24 JJ=JJ+1
25 CONTINUE
26 30 CONTINUE
27 1000 FORMAT (1H ,2X,2H1=,13)
28 1100 FORMAT ( )
29 RETURN
30 END

```

* SOURCE STATEMENT *

```

1 SUBROUTINE POUT(N,JMX,JMX)
2 DIMENSION N(NTRX,JMX)
3 JSWT=0
4 JN =50
5 IOUT=6
6 DO 130 I=1,IJMX,10
7 IZ=11*Y
8 IF(IZ.GT.IJMX) IZ=IJMX
9 ISWT=0
10 JI=1
11 JZ=JM
12 IF(IJZ.GT.IJMX) JZ=JMX
13 CONTINUE
14 IF(IJZ.EQ.0) GO TO 110
15 JI=JI+JM
16 JZ=JZ+JM
17 IF(IJZ.GT.IJMX) JZ=JMX
18 CONTINUE
19 IF(JSWT.EQ.0) WRITE(IOUT,1000) (I,I=1,IJZ)
20 IF(JSWT.NE.0) WRITE(IOUT,1001) (I,I=1,IJZ)
21 DO 120 J=1,IJZ
22 WRITE(IOUT,1010) J,(N(I,J),I=1,IJZ)
23 IF(IJZ.EQ.1) WRITE(IOUT,1020)
24 CONTINUE
25 JSWT=1
26 IF(IJZ.EQ.IJMX) GO TO 130
27 ISWT=1
28 GO TO 100
29 CONTINUE
30 FORMAT(100,7H J 1,2X,13,5X,9(4X,13,5X))
31 FORMAT(101,7H J 1,2X,13,5X,9(4X,13,5X))
32 *
33 FORMAT(101,13,2X,10E12,4)
34 FORMAT(101)
35 END

```

FACOM 250-75 (M7) FORTRAN-D -750715- V06=L05 76.01.14 PAGE 43

* SOURCE STATEMENT *

```

1  SUBROUTINE PLOT(I,IMN,IMX,JMN,JMX,IVX,JVX,ISWT)
2  DIMENSION W(IVX,JVX)
3  IOUT = 3
4  JOUT = 6
5  IP(15MT,NE,0) GO TO 110
6  WRITE(IOUT,1000) IMN,IMX,JMN,JMX
7  WRITE(IOUT,1010) IMN,IMX,JMN,JMX
8  DO 100 J=JMN,JMX
9  WRITE(IOUT,1020) W(I,J),I=IMN,IMX
10 WRITE(IOUT,1030) W(I,J),I=IMN,IMX
11 CONTINUE
12 GO TO 130
13 WRITE(IOUT,1000) JMN,JMX,IMN,IMX
14 WRITE(IOUT,1010) JMN,JMX,IMN,IMX
15 DO 120 I=IMN,IMX
16 WRITE(IOUT,1020) W(I,J),J=JMN,JMX
17 WRITE(IOUT,1030) W(I,J),J=JMN,JMX
18 CONTINUE
19
20 WRITE(IOUT,1040)
21 WRITE(IOUT,1050)
22 RETURN
23
24 1000 FORMAT(1H 4HARAY,1X,4I5,5X)
25 1010 FORMAT(1H 4HARAY,1X,4I5,5X)
26 1020 FORMAT(1H 4HARAY,1X,1P5E14,7,5X)
27 1030 FORMAT(1H 4HARAY,1X,1P5E14,7,5X)
28 1040 FORMAT(1H 4HBEND,76X)
29 1050 FORMAT(1H 4HBEND,76X)
30 END

```

FACOM 250-75 (M7) FORTRAN-D -750715- V06=L05 76.01.14 PAGE 44

* SOURCE STATEMENT *

```

1  SUBROUTINE GRAP(W,IR,IZ,RO,IRK,JMX)
2  DIMENSION W(1MX,JMX)K(1MX)Z(JMX)
3  IOUT=3
4  JOUT=6
5  DO 30 I=1,IMX
6  DO 20 J=1,JMX
7  X=RO*(I)*COS(Z(J))
8  Y= R(I)*SIN(Z(J))
9  WRITE(IOUT,1000) A,Y,W(I,J)
10 WRITE(IOUT,1010) A,Y,W(I,J)
11 CONTINUE
12
13 CONTINUE
14 WRITE(IOUT,1020)
15 RETURN
16
17 1000 FORMAT(1H 4HCNTL,1X,3F10.5,35A,2H 1.6X)
18 1010 FORMAT(1H 4HCNTL,1X,3F10.5,35A,2H 1.6X)
19 1020 FORMAT(1H 4HBEND,76X)
20 1030 FORMAT(1H 4HBEND,76X)
21 END

```