

DETR.PD-072/79

TITULO

CONSIDERAÇÕES SOBRE FONTES DE NÊUTRONS EM
REATOR DE POTÊNCIA

NOTAS CORRELATAS

OBJETIVO

Estudo preliminar sobre utilização de fontes de nêutrons em Reator de Potência.

LISTA DE DISTRIBUIÇÃO

SUPED (1)
ASPC.PD (1)
DETR.PD (2)
DITES.PD (1)
AUTOR(ES) (2)
DIFNU.PD (1)

RESUMO E CONCLUSÕES

São apresentados os motivos da necessidade de fontes de nêutrons em Reator de Potência, os tipos mais usuais de fontes de nêutrons e a possibilidade de ativação de fonte secundária de modo a servir de fonte primária.

ÍNDICE

1.	Introdução	2/12
2.	Necessidade de Fonte de Nêutrons	2/12
3.	Tipos Usuais de Fontes de Nêutrons	3/12
4.	Possibilidade de Adaptação de Fontes Existentes	4/12
5.	Possibilidade de Ativação de Fonte Secundária	4/12
6.	Conclusão	7/12
	Literatura Consultada	7/12
	Anexo I	8/12

mab

Nº. CÓPIAS

8

AUTOR (ES)	VISTO	DATA	APROVAÇÃO	VISTO	DATA
C.A.B. SANTORO	<i>[Signature]</i>	16.10.80	CHEFE DO LAB. OU GRUPO		
ZILDETE ROCHA	<i>[Signature]</i>	16.10.80	CHEFE DA DIVISÃO	<i>[Signature]</i>	16/10/80
			CHEFE DO DEPARTAMENTO	<i>[Signature]</i>	17.10.80
CLASSIFICAÇÃO			TAREFA: 11.26		



CONSIDERAÇÕES SOBRE FONTES DE NÊUTRONS EM REATOR DE POTENCIA

1. INTRODUÇÃO

Esta Nota representa apenas uma primeira abordagem referente à necessidade de uso de fontes de nêutrons no carregamento e na criticalidade de um reator de potência, e a possibilidade de adaptação ou produção destas fontes a curto prazo.

Dois tipos de fonte são necessárias:

. fontes primárias: utilizadas na primeira operação de carregamento do núcleo, mas que decaem ou são queimadas durante a irradiação;

. fontes secundárias: são dispositivos que se transformam em fontes de nêutrons por irradiação durante o primeiro ciclo para funcionarem nos ciclos subsequentes.

2. NECESSIDADE DE FONTE DE NÊUTRONS

Operações econômicas e seguras com materiais físséis exigem o conhecimento de subcriticalidade de configurações.

No carregamento de combustível num reator e na aproximação da criticalidade, o conhecimento da subcriticalidade é realizado pelo acompanhamento da evolução do parâmetro M , denominado multiplicação subcrítica, assim definido:

$$M = \frac{N}{N_0}$$

N = número de nêutrons após um número grande de gerações,

N_0 = número de nêutrons provenientes de uma fonte artificial ou natural (cósmicos e fissões espontâneas) por geração.

Como N_0 natural é pequeno, torna-se necessário uma fonte artificial, para que a população de nêutrons após multiplicação seja monitorada com segurança, desde o início das operações.

Embora seja possível tecnicamente partir um reator sem o uso de fonte artificial (método "pull and wait"), seu emprego é necessário para que a partida seja mais rápida e segura. Este método não é permitido para emprego em reatores de potência, como determina a norma ANSI N 16.3.1969 no item 5.3: "A source of neutrons shall be present to produce a meaningful indication of neutrons multiplication". O FSAR de Angra I exige que o canal de fonte indique uma contagem de pelo menos 2 cps.

3. TIPOS USUAIS DE FONTES DE NÊUTRONS

Os tipos de fontes possíveis para aplicação em reatores de potência são:

- . fontes de nêutrons produzidos por reações nucleares,
- . fontes de nêutrons por fissão.

Entre as primeiras podem ser citadas as que produzem nêutrons por reações (α, n) e (γ, n) .

Exemplos de (α, n) :

1) Ra - Be: mais utilizada em laboratórios e também como fonte padrão.

Rendimento típico $\approx 1,5 \times 10^7 \text{ n/seg/gRa}^{226}$

Meia-vida: $1,62 \times 10^3 \text{ a}$

2) Po - Be: Rendimento típico $\approx 2,5 \times 10^6 \text{ n/seg/CiPo}^{210}$

Meia-vida: 138,5 d

3) Pu - Be: Utilizada como fonte primária em reatores de potência.

Rendimento típico $\approx 8,5 \times 10^4 \text{ n/seg/gPu}^{239}$

Meia-vida: $2,4 \times 10^4 \text{ a}$

Exemplos de (γ , n):

1) Sb - Be: Muito utilizada como fonte secundária em reatores de potência.

Meia-vida: 60,9 d

2) Outras fontes são: Ra - Be (γ , n e α , n) e Th²²⁸ - Be, mais raramente usadas.

Fontes de nêutrons por fissão:

Alguns núcleos mais pesados decaem por fissão espontânea. Como nas fissões são produzidos muitos nêutrons, estes núcleos podem ser utilizados como fontes de nêutrons.

Exemplos:

Pu²³⁶, Pu²³⁸, Pu²⁴⁰, Pu²⁴², Cm²⁴², Cm²⁴⁴, Cf²⁵²

O mais empregado devido ao alto rendimento ($2,7 \times 10^9$ n/seg/mg) é o Cf²⁵² utilizado em reatores de potência como fonte primária.

4. POSSIBILIDADE DE ADAPTAÇÃO DE FONTES EXISTENTES

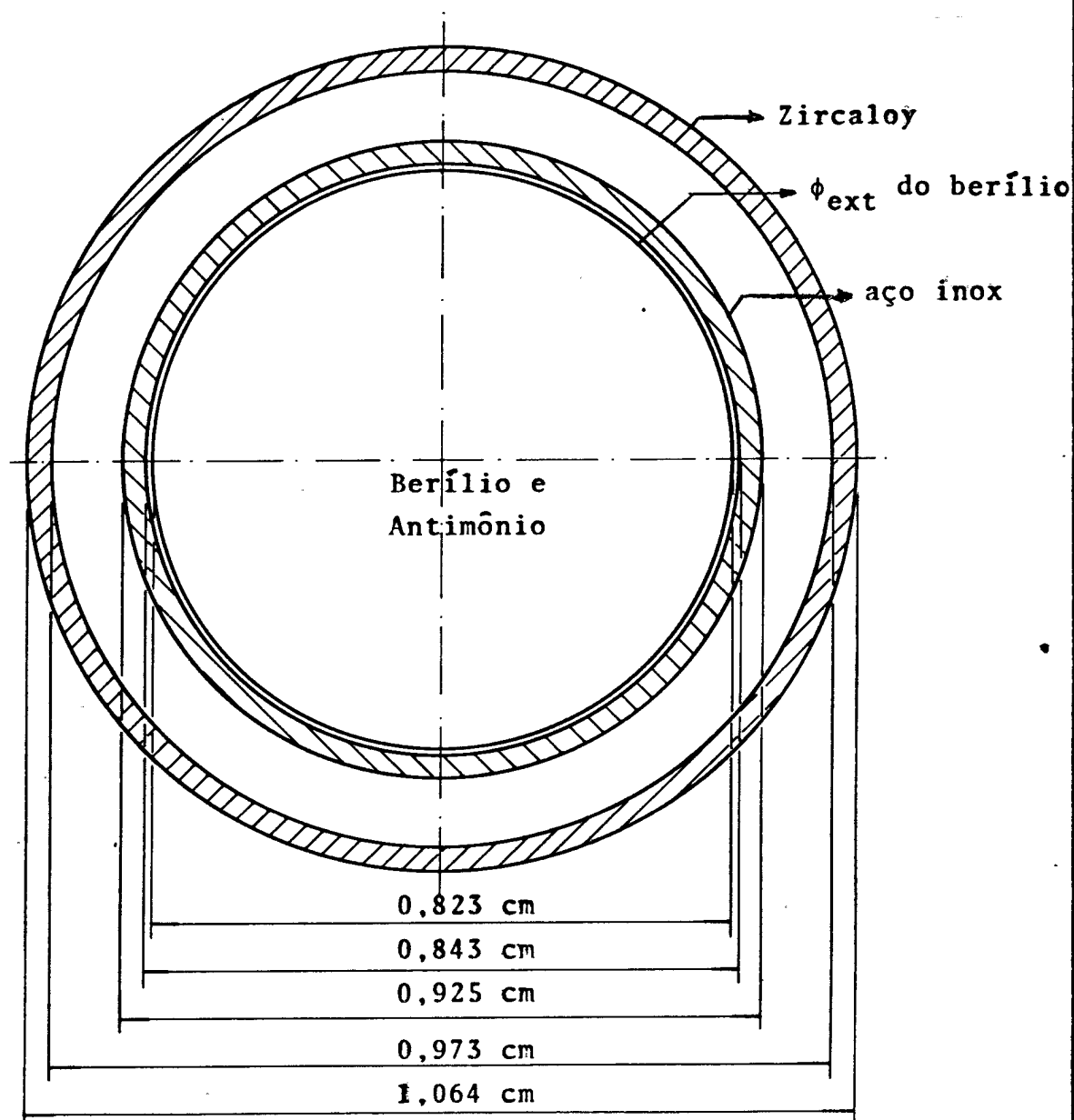
A adaptação de fontes, tais como as existentes no CDTN e IPEN (p. ex. fonte Ra - Be), é viável do ponto de vista nuclear somente para as operações de carregamento, mesmo assim não sendo possível o fechamento do vaso de pressão para realização dos testes "Post Core Loading".

5. POSSIBILIDADE DE ATIVAÇÃO DE FONTE SECUNDÁRIA

Na falta de uma fonte primária, a fonte secundária de Sb - Be pode ser utilizada na partida do primeiro ciclo, desde que ela seja previamente ativada em um outro reator, um pouco antes do comissionamento, devido à meia-vida curta (60,9 dias) do Sb¹²⁴. No campo de nêutrons do próprio reator a fonte é novamente ativada e apenas no caso de interrupções muito longas da operação ela precisa ser irradiada em um outro reator. (Esta afirmação consta em literatura, cujos autores são especialistas da KWU - Livro "Strahlung und Strahlungsmesstechnik in Kernkraftwerken", ref. [2]).

Pode-se então planejar a irradiação de uma fonte secundária (exemplo: Angra 1) para se obter a surgência equivalente à da fonte primária.

As dimensões da fonte foram estimadas a partir de dados do FSAR, considerando o diâmetro e a espessura do revestimento iguais às do veneno queimável, e são mostradas na Figura 1.



Altura total de Antimônio-Berílio: 241,30 cm

Com base em notas de aula da Westinghouse, considerou-se um volume de antimônio envolvido por igual volume de berílio.

Massa de antimônio por unidade de comprimento: 1,78g/cm.

Atividade de saturação correspondente ao gama de 1,7 MeV: 2 Ci/g Sb (com $\phi_{th} \cong 10^{13}$ n/cm²s).

Rendimento considerado para a fonte de Sb-Be: $1,3 \times 10^6$ n/seg/Ci.

Atividade do antimônio necessária para uma surgência equivalente à da fonte primária (2×10^8 n/seg): 154 Ci.

Irradiação Planejada (IPEN):

- . comprimento ativado da vareta: 50 cm
- . fluxo térmico: $\cong 10^{13}$ n/cm²s
- . tempo de irradiação: 10 dias
- . número de varetas: 8
- . atividade por vareta: 19,1 Ci
- . atividade total das varetas: 154 Ci

Considerações sobre alterações possíveis no plano de irradiação:

<u>Alteração</u>	<u>Fator ganho</u>
a) redução da surgência requerida, à metade	2
b) dobramento do tempo de irradiação	2
c) irradiação de apenas uma vareta por vez	~ 1/8
d) redução do fluxo para $0,6 \times 10^{13}$ n/cm ² s	1/2
e) rendimento: talvez o dobro, devido ao gama de 2,1 MeV	2

6. CONCLUSÃO

Pelo plano de irradiação e consideração apresentados no item anterior, pode-se concluir à primeira vista como tecnicamente viável a irradiação das varetas que compõem as fontes secundárias de um reator tipo Angra I, com um reator com características nucleares como o do IPEN:

A conclusão acima precisa ser reavaliada à luz de informações adicionais sobre este último reator.

OBSERVAÇÃO:

Descrição das fontes de nêutrons utilizadas no reator de Angra I está apresentada em Anexo.

LITERATURA CONSULTADA

- [1] BECKURTS, K.H. e WIRTZ, K. Neutron Physics. New York, Springer, 1964.
- [2] SCHRÜFER, E. Strahlung und Strahlungsmesstechnik in Kernkraftwerken. Berlin, Elitera, 1974.
- [3] ARGONNE NATIONAL LABORATORY. Reactor Physics Constants. Second Edition, USAEC, 1963 (ANL-5800).
- [4] WESTINGHOUSE. Notas de Aula de Treinamento de Operadores
- [5] FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S.A. Final Safety Analysis Report (FSAR). FURNAS, 1980.

ANEXO I
DESCRIÇÃO DAS FONTESNeutron Source Assembly

The purpose of the neutron source assembly is to provide a base neutron level to insure that the detectors are operational and responding to core multiplication neutrons. Since there is very little neutron activity during loading, refueling, shutdown, and approach to criticality, a neutron source is placed in the reactor to provide a positive neutron count of at least 2 counts per second on the source range detectors attributable to core neutrons. The detectors, are used primarily when the core is subcritical and during special subcritical modes of operations.

The source assembly also permits detection of changes in the core multiplication factor during core loading refueling, and approach to criticality. This can be done since the multiplication factor is related to an inverse function of the detector count rate. Therefore a change in the multiplication factor can be detected during addition of fuel assemblies while loading the core, a change in control rod positions, and changes in boron concentration.

Both primary and secondary neutron source rods are used. The primary source rod, containing a radioactive material, spontaneously emits neutrons during initial core loading and reactor startup. After the primary source rod decays beyond the desired neutron flux level, neutrons are then supplied by the secondary source rod. The secondary source rod, contains a stable material, which must be activated by neutron bombardment during reactor operation. The activation results in the subsequent release of neutrons. This becomes a source of neutrons during periods of low neutron flux, such as during refueling and the subsequent startups.

The reactor core employs four source assemblies: two primary source assemblies and two secondary source assemblies. Each primary source assembly contains one primary source rod and between zero and nineteen burnable poison rods. Each secondary source assembly contains four secondary source rods and between zero and sixteen burnable poison rods. Locations not filled with a source or burnable poison rod contain a thimble plug. Source assemblies are shown in Figures 4.2-14 and 4.2-15.

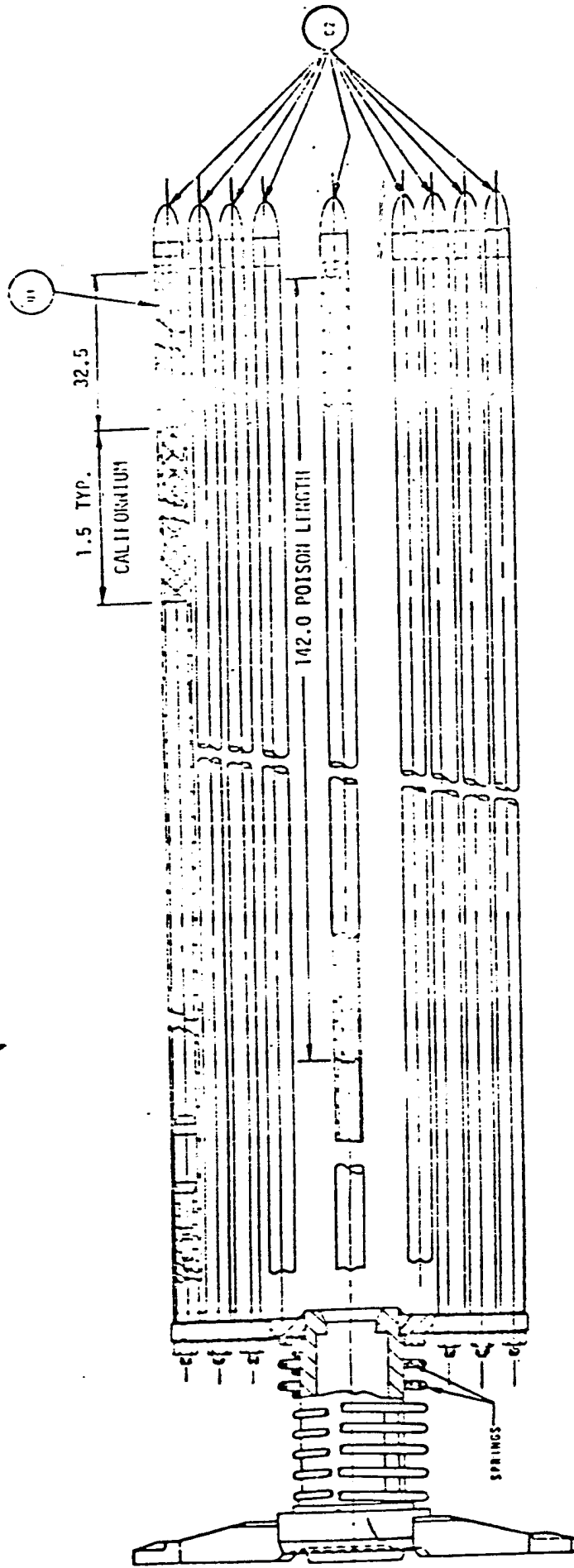
Neutron source assemblies are employed at diametrically opposite sides of the core. The assemblies are inserted into the rod cluster control guide thimbles in fuel assemblies at selected unrodded locations.

The source assemblies contain a holddown assembly identical to that of the burnable poison assembly.

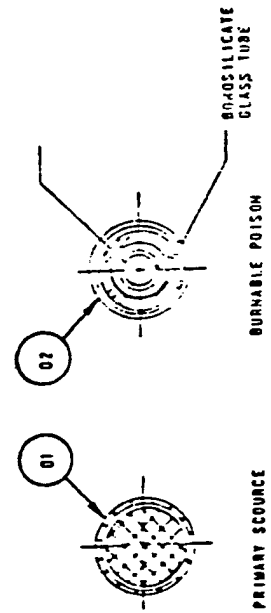
The primary and secondary source rods both utilize the same clad material as the absorber rods. The secondary source rods contain Sb-Be pellets stacked to a height of approximately 95 inches. The primary source rods contain capsules of Californium (Pu-Be is a possible alternate) source material and alumina spacer rods to position the source material within the clad. The rods in each assembly are permanently fastened at the top end to a holddown assembly, which is identical to that of the burnable poison assemblies.

The other structural members are constructed of Type 304 stainless steel except for the springs. The springs exposed to the reactor coolant are wound from anneal hardened nickel base alloy for corrosion resistance and high strength. The springs, when contained within the rods where corrosion resistance is not necessary, are oil tempered carbon steel.

DETR.PD-073/79



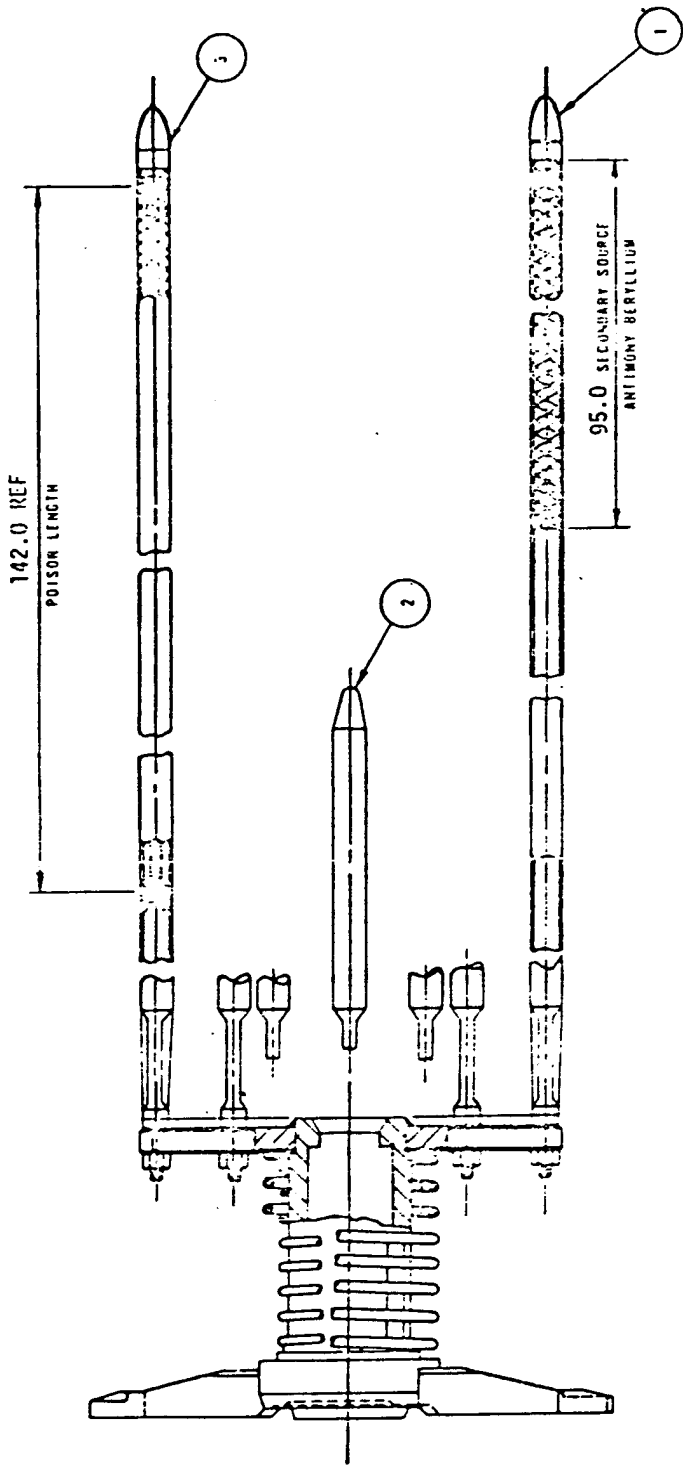
NOTE ALL DIMENSIONS ARE IN INCHES



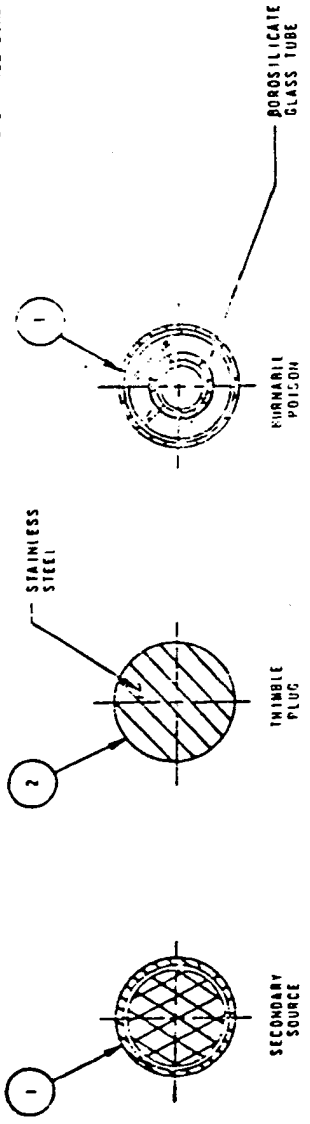
PRIMARY SOURCE ASSEMBLY

FIG. 42-14

DETR. PD-073/79

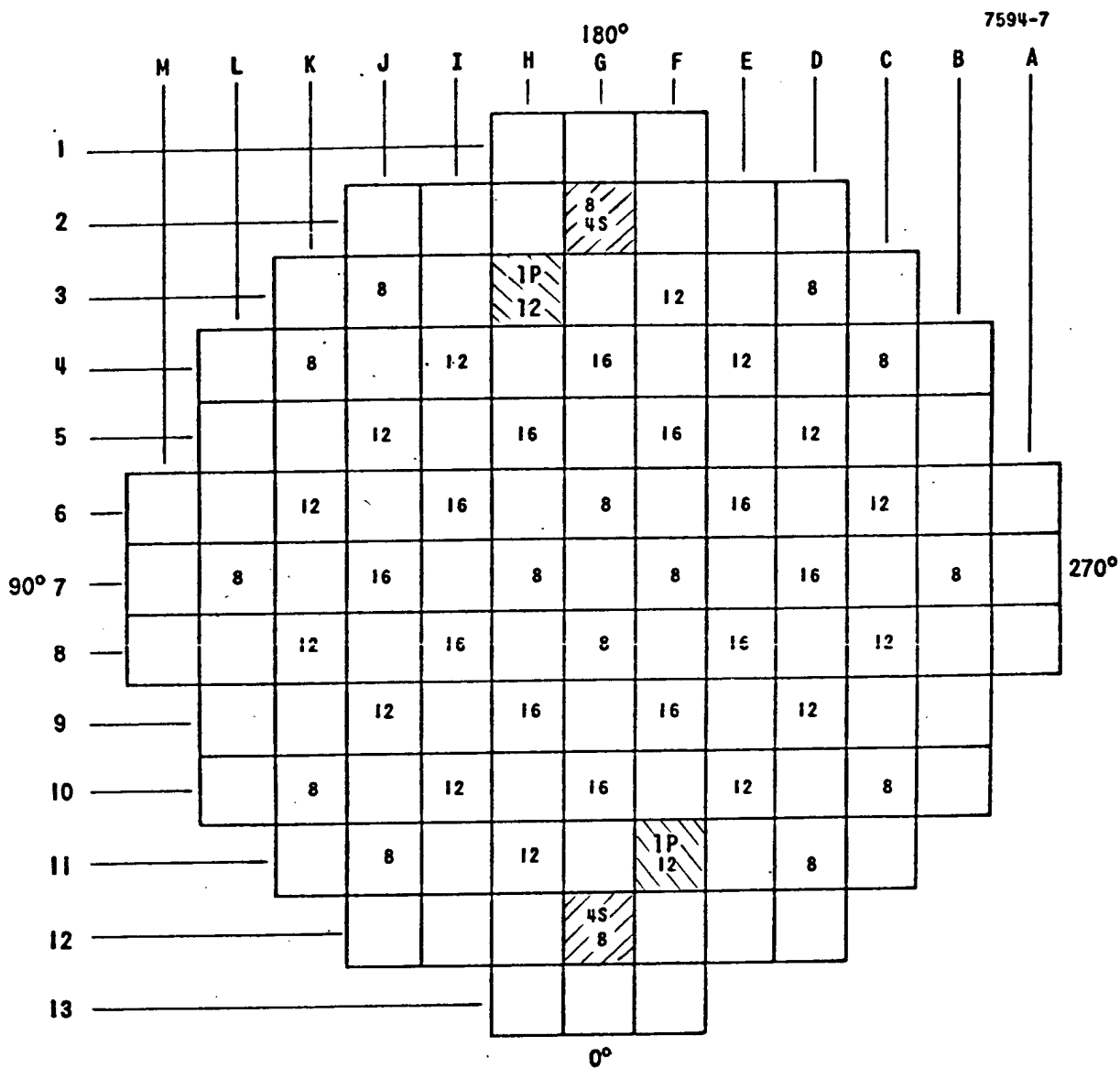


NOTE ALL DIMENSIONS ARE IN INCHES



SECONDARY SOURCE ASSEMBLY
FIG. 4.2-15

DETR. PD-073/79



NOTE: 4S - Four Secondary Source Rods
1P - One Primary Source Rod

NOTES: Number indicates the number of Burnable Poison Rods
P,S - Indicate Type of Source Rods

BURNABLE POISON LOADING PATTERN AND NEUTRON SOURCE LOADING PATTERN

FIG. 4.3-5

CONFIDENCIAL

2.2.3 Burnable Poisons

In a chemical shim core, excess reactivity is controlled by boric acid dissolved in the moderator. Above a certain concentration, the moderator temperature coefficient will be positive due to the reduction in boron associated with a reduction in water density. With no other control the moderator coefficient at hot, full power conditions at the beginning of life would be positive. The use of burnable poisons for partial reactivity control results in a lower soluble boron concentration and assures a negative moderator temperature coefficient.

Borosilicate in the form of Pyrex glass containing 12.5 w/o B_2O_3 is used as a burnable poison in Cycle 1 for the partial control of excess reactivity. A cross-sectional drawing of a burnable poison rod inside a Zircaloy guide thimble is shown in Figure 2.4. There are a total of 512 burnable poison rods. The number of burnable poison rods used in each assembly and the locations of these assemblies in the core, are shown in Figure 2.5. Three different burnable poison cluster patterns with 8, 10 and 16 burnable poison rods are used. These cluster patterns are shown in Figure 2.6.

- 2.2.4 Sources

Neutron sources are necessary to provide the required count rate during startup operations. The sources are located in four assemblies which also contain burnable poison rods. Their locations in the core are shown in Figure 2.5. Two kinds of sources are used; primary and secondary sources. The primary sources, which contain Californium 252, provide the minimum count rate required in the first cycle. The secondary sources, which are made of about half antimony and half beryllium by volume, are activated during plant operation releasing neutrons in the γ, n reaction in beryllium to provide the minimum required count rate for the startup of subsequent cycles.

The locations of primary and secondary sources in the fuel assembly are shown in Figure 2.7.