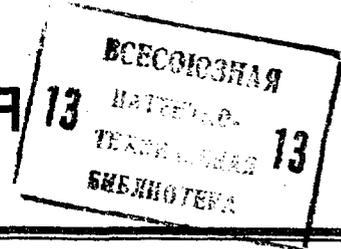




ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

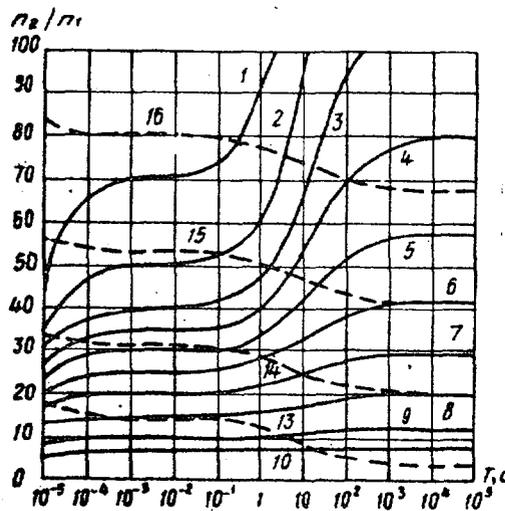
## К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



- (21) 3653077/24-25
- (22) 17.10.83
- (46) 07.01.86. Бюл. № 1
- (72) В.Ф. Колесов
- (53) 621.039.56(088.8)

(54) (57) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТАРТОВОГО СОСТОЯНИЯ ДВУХСЕКЦИОННОГО ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА, заключающийся в том, что измеряют интенсивности делений в секциях при фиксированном положении блока регулирования реактивности секции, в которую помещают иницирующий источник нейтронов, и переменных положениях блока регулирования реактивности секции, не содержащей иницирующего источника нейтронов, находят отношение измеренных интенсивностей делений и фиксируют блок регулирования реактивности секции, не содержащей

иницирующего источника нейтронов, в положении, при котором отношение измеренных интенсивностей делений однозначно связано с отношением интегралов делений в рабочем импульсе, отличающийся тем, что, с целью ускорения и упрощения управления реактором, измеряют интенсивности делений в режиме разгона реактора, дополнительно проводят измерения интенсивностей делений при нескольких фиксированных положениях блока регулирования реактивности секции, не содержащей иницирующего источника нейтронов, и переменных положениях блока регулирования реактивности секции, содержащей иницирующий источник нейтронов, и одновременно с измерениями интенсивностей делений измеряют период разгона реактора.



Фиг. 1

Изобретение относится к технике импульсных реакторов и бустеров, широко применяемых в качестве мощных источников нейтронного- и  $\gamma$ -излучений, а более конкретно - к технике управления реакторными устройствами.

Задача заключается в определении стартовых положений  $h_1^0$  и  $h_2^0$  блоков регулирования реактивности (БРР) 1-й и 2-ой секций, при которых под воздействием помещенного в 1-ую секцию импульсного иницирующего источника нейтронов с мощностью  $Q_0^0$  генерируется импульс делений с интегралами делений в 1-ой и 2-ой секциях, равными соответственно  $I_1$ ,  $I_2$ . Определение указанных стартовых положений БРР является наиболее важной задачей управления двухсекционными реакторами.

Известен способ определения стартового состояния двухсекционного ядерного реактора, необходимый для получения импульса с заданными интегралами делений в секциях, включающий операции определения положений БРР с помощью калибровочных измерений интенсивностей или интегралов делений в секциях при наличии вспомогательного источника нейтронов.

Способ определения стартового состояния двухсекционного ядерного реактора заключается в том, что помещают импульсный вспомогательный источник нейтронов с известной мощностью  $S_1^0$  в 1-ую секцию, фиксируют в каком-либо положении БРР 1-ой секции и проводят калибровочные измерения интегралов делений  $J_1$ ,  $J_2$  в секциях при всех положениях БРР 2-ой секции. Потом меняют положение БРР 1-ой секции и повторяют процедуру калибровочных измерений при всех положениях БРР 2-ой секции. Измерения продолжают до тех пор, пока не переберут все комбинации положений БРР 1-ой и 2-ой секций. На основании данных калибровочных измерений путем двумерной интерполяции определяют положения  $h_1^0$ ,  $h_2^0$  БРР 1-ой и 2-ой секций, соответствующие значениям  $J_1 = (S_1^0 / Q_1^0) I_1$ ,  $J_2 = (S_1^0 / Q_1^0) I_2$  и фиксируют БРР в этих положениях.

Недостатком аналога является большая длительность и невысокая точность процедуры поиска требуемого стартового состояния.

Наиболее близким по технической сущности к описываемому является способ определения стартового состояния двухсекционного ядерного реактора, заключающийся в том, что изменяют интенсивности делений в секциях при фиксированном положении блока регулирования реактивности секции, в которую помещают иницирующий источник нейтронов, и переменных положениях блока регулирования реактивности секции не содержащей иницирующего источника нейтронов, находят отношение измеренных интенсивностей делений и фиксируют блок регулирования реактивности секции, не содержащей иницирующего источника нейтронов в положении, при котором отношение измеренных интенсивностей делений однозначно связано с отношением интегралов делений в рабочем импульсе.

Недостатком известного способа в случае калибровочных измерений интегралов делений, является необходимость измерений интегралов делений в импульсе, которые, вообще говоря, сложнее измерений интенсивностей делений и требуют наличия импульсного вспомогательного источника нейтронов, который также сложнее и менее доступен, чем стационарный вспомогательный источник нейтронов.

Недостатком известного способа, в случае калибровочных измерений интенсивностей делений, является необходимость значительной по времени выдержки реактора перед каждым замером  $n_1$ ,  $n_2$  в целях установления стационарного уровня интенсивности делений в реакторе, вследствие чего калибровочные измерения требуют значительного времени. Кроме того, в случае калибровочных измерений интенсивностей делений, не обеспечивается возможность установления с помощью простых средств заданного отношения интегралов делений  $I_2 / I_1$  в важном классе импульсов на мгновенных нейтронах.

От указанных недостатков известный способ был бы избавлен, если бы в нем допускалось проводить калибровочные измерения не только стационарных, но и изменяющихся  $n_1$ ,  $n_2$  в частности, измерения  $n_1$ ,  $n_2$  в режиме разгона реактора (как это делается в случае односекционных реакторов). При этом, благодаря

исключению необходимости выдержки реактора, требуемой для достижения стационарного состояния, калибровочные измерения выполнялись бы оперативно.

Однако в известном способе измерения изменяющихся  $n_1$ ,  $n_2$  не допускается. Доказательство этого однозначно следует из того твердо установленного факта, что в случае изменяющихся  $n_1$ ,  $n_2$  базовые для способа прототипа инвариантные зависимости для отношения  $n_2/n_1$  не выполняются.

Отмеченные обстоятельства создают определенные трудности при организации управления двухсекционными реакторами.

Цель изобретения - ускорение и упрощение управления реактором.

Цель достигается тем, что в способе определения стартового состояния двухсекционного ядерного реактора, заключающемся в том, что измеряют интенсивности делений в секциях при фиксированном положении блока регулирования реактивности секции, в которую помещают иницирующий источник нейтронов, и переменных положениях блока регулирования реактивности секции, не содержащей иницирующего источника нейтронов, находят отношение измеренных интенсивностей делений и фиксируют блок регулирования реактивности секции, не содержащей иницирующего источника нейтронов в положении, при котором отношение измеренных интенсивностей делений однозначно связано с отношением интегралов делений в рабочем импульсе, измеряют интенсивности делений в режиме разгона реактора, дополнительно проводят измерения интенсивностей делений при нескольких фиксированных положениях блока регулирования реактивности секции, не содержащей иницирующего источника нейтронов, и переменных положениях блока регулирования реактивности секции, содержащей иницирующий источник нейтронов, и одновременно с измерениями интенсивностей делений измеряют период разгона реактора.

Особенностью изобретения является использование физических закономерностей в кинетике двухсекционных импульсных реакторов и определение положений БРР, соответствующих искомого стартовому состоянию двухсекци-

онного ядерного реактора, без проведения сложных калибровочных измерений интегралов делений или длительно устанавливаемых стационарных интенсивностей делений в секциях.

Этим достигается ускорение по времени и упрощение процедуры калибровочных измерений, а также улучшение применимости процедуры измерений к случаю импульсов на мгновенных нейтронах, то есть, в итоге - ускорение и упрощение управления двухсекционным ядерным реактором.

На фиг. 1 представлены используемые в предложенном способе физические закономерности в кинетике двухсекционных импульсных реакторов; на фиг. 2 - наиболее ответственный этап определения стартового положения БРР секции, не содержащей иницирующего источника нейтронов.

Изобретение базируется на зависимостях отношения  $n_2/n_1$ , определяемого в режиме установившегося разгона реактора, от периода  $T$  разгона реактора. Типичные зависимости  $n_2/n_1$  от  $T$  в разгоняющемся двухсекционном реакторе представлены на фиг. 1. Сплошными кривыми (1-10) на фиг. 1 показаны зависимости  $n_2/n_1$  от  $T$  при нескольких фиксированных положениях БРР секции, не содержащей иницирующего источника нейтронов (будем называть ее 2-ой секцией); изменения  $T$  в этом случае производятся в результате смещений БРР секции, содержащей иницирующий источник нейтронов (будем называть ее 1-ой секцией). Пунктирными кривыми (11-14) на фиг. 1 показаны зависимости  $n_2/n_1$  от  $T$  при нескольких фиксированных положениях БРР 1-ой секции; изменения  $T$  в этом случае производятся в результате смещений БРР 2-ой секции. Оба семейства кривых на фиг. 1 пересекаются. На всех кривых четко выделяется область в интервале  $T$  от 1 до 100 мс, в которой значения  $n_2/n_1$  практически не зависят от  $T$  и равны отношению интегралов  $I_2/I_1$  в импульсе на мгновенных нейтронах, и область очень больших  $T$ , в которой значения  $n_2/n_1$  равны отношению  $I_2/I_1$  в импульсе с учетом всех запаздывающих нейтронов.

Представленные на фиг. 1 зависимости отличаются хорошей устойчивостью по отношению к изменениям

характеристик реактора и запаздывающих нейтронов и остаются теми же самыми для различных типов вспомогательного источника нейтронов и даже в отсутствии вспомогательного источника нейтронов, поскольку цепная реакция делений разовьется и в этом случае благодаря фоновым нейтронам.

Описываемый способ содержит следующие операции.

1-ый этап. Устанавливают БРР 2-ой секции в некотором фиксированном положении. БРР 1-ой секции быстро переводят в положение, приводящее к разгону реактора, выполняют калибровочные измерения  $n_1$ ,  $n_2$  и  $T$  при разгоне реактора и обрывают разгон путем возвращения БРР 1-ой секции в исходное положение. Повторяют измерения в других положениях БРР 1-ой секции, соответствующих другим периодам разгона  $T$  реактора. По результатам измерений строят график зависимости  $n_2/n_1$  от  $T$ , подобный одной из сплошных кривых (1-10) на фиг. 1.

Повторяют несколько (2-9) раз эти измерения при других фиксированных положениях БРР 2-ой секции и по результатам измерений строят еще несколько кривых зависимости  $n_2/n_1$  от  $T$ . В итоге получают график с системой зависимостей  $n_2/n_1$  от  $T$ , подобный набору сплошных кривых (1-10) на фиг. 1.

Допустимо считать, что эти устойчивые по отношению к изменениям параметров реактора и окружающей среды зависимости (назовем их паспортными) являются принадлежностью данного бустера и строятся на стадии его освоения. Это значит, что операции 1-го этапа проводятся единственный раз за все время эксплуатации бустера.

2-ой этап. Вычисляют отношение  $\gamma = I_2/I_1$ . На графике паспортных зависимостей  $n_2/n_1$  от  $T$  отбирают представленную на фиг. 2 кривую 11 с равным (или близким) к  $\gamma$  значением  $n_2/n_1$  в области  $T$  от 1 до 100 мс. (Если требуется получить рабочий импульс с учетом запаздывающих нейтронов, то отбирают на фиг. 1 зависимость с близким к  $\gamma$  значением  $n_2/n_1$  в области больших  $T$ . Целью дальнейших операций является вывод БРР 2-ой секции в положение, соответствующее

кривой 1 на фиг. 2 (на положение БРР 2-ой секции, соответствующее отобранной паспортной зависимости, существенно влияют неизбежные на практике изменения параметров реактора и окружающей среды, поэтому проведение этой операции обязательно перед каждым рабочим импульсом).

Для этого БРР 2-ой секции быстро переводят в положение, приводящее к разгону реактора, выполняют калибровочные измерения  $n_1$ ,  $n_2$  и  $T$  при разгоне реактора и обрывают разгон реактора путем возвращения БРР 2-ой секции в исходное положение. Затем повторяют эти измерения в других положениях БРР 2-ой секции и по результатам этих измерений строят на фиг. 2 кривую 12 зависимости  $n_2/n_1$  от  $T$ , аналогичную пунктирным кривым (13-16) на фиг. 1. Кривая 12 на фиг. 2 пересекает кривую 11. Точка пересечения кривых и определяет положение  $n_2^0$  БРР 2-ой секции, соответствующее зависимости 11 на фиг. 2. Это положение БРР 2-ой секции находят с помощью интерполяционной формулы:

$$h_2^0 = h_2^{(n)} + \frac{y_2^0 - y_n}{y_{n+1} - y_n} (h_2^{(n+1)} - h_2^{(n)}), \quad (1)$$

где  $y_2^0$  - ордината (то есть значение  $n_2/n_1$ , точки пересечения кривых 11, 12 на фиг. 2);

$y_n, y_{n+1}$  - ординаты ближайших к точке пересечения, расположенных с разных сторон от сплошной кривой 11, экспериментальных точек;

$h_2^{(n)}, h_2^{(n+1)}$  - положения БРР 2-ой секции, соответствующие этим точкам.

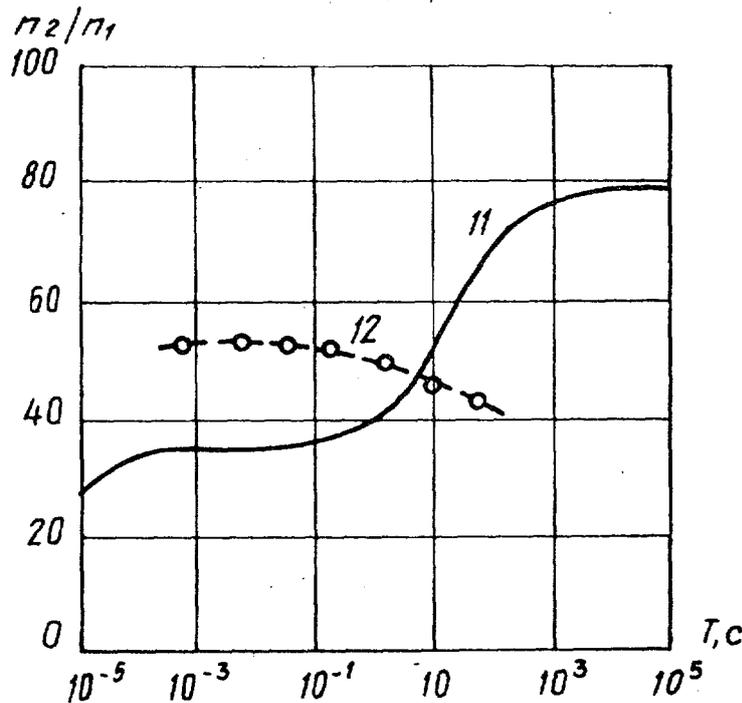
Далее переводят БРР 1-ой секции в нижнее положение (в целях предотвращения неконтролируемого разгона реактора), переводят БРР 2-ой секции в положение  $h_2^0$  и фиксируют в этом положении. Тем самым бустер выведен в состояние, в котором при любом положении другого БРР 1-ой секции, под воздействием инициирующего источника нейтронов будет генерирован импульс на мгновенных нейтронах с отношением интегралов делений в секциях, равным значению  $\gamma$ .

При выполнении измерений 2-го этапа БРР 1-ой секции, вообще говоря, может находиться в любом положении. От положения этого блока зависит уровень прохождения пунктирной кривой 12 на фиг. 2. На практике выбор положения БРР 1-ой секции при выполнении измерений 2-го этапа ограничивается лишь условием обязательности пересечения на фиг. 2 кривых 11 и 12.

Фиксированием БРР 2-ой секции в положении  $h_2^0$  решена основная часть поставленной задачи. В дальнейших операциях, связанных с определением стартового положения  $h_1^0$  другого БРР, то есть БРР 1-ой секции, двухсекционный бустер уже не отличается от односекционного, и к нему применим любой из известных способов определения стартового состояния односекционного реактора.

В описываемом способе, двумерная задача определения стартового состоя-

ния двухсекционного ядерного реактора сведена к двум одномерным задачам. В то же время исключена необходимость измерения интегралов делений за импульс, которые сложнее измерений интенсивностей делений и требуют наличия импульсного вспомогательного источника нейтронов, который также сложнее и менее доступен, чем стационарный источник нейтронов, а также исключена необходимость установления трудно достижимых стационарных уровней интенсивности делений в секциях, требующих продолжительной выдержки реактора перед каждым замером  $n_1$ ,  $n_2$  и, следовательно, значительного времени для проведения калибровочных измерений. В описываемом способе исключены жесткие требования к типу и месту расположения вспомогательного источника нейтронов. Кроме того, способ применим также к импульсам на мгновенных нейтронах.



Фиг. 2

Составитель К. Косоуров

Редактор Л. Письман Техред М. Пароцай Корректор М. Максимишинец

Заказ 8556/5

Тираж 407

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР

по делам изобретений и открытий

113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ИПИ "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4.