

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна

5829/23

9/11-83

P13-83-471

Ю.Н.Пепельшев, А.К.Попов, А.Д.Рогов

ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
БЫСТРОЙ МОЩНОСТНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ
ИМПУЛЬСНОГО РЕАКТОРА ИБР-2

1983

Динамика импульсного реактора в большой степени определяется мощностной обратной связью. Непосредственное экспериментальное определение амплитудно-фазовой частотной характеристики /АФХ/ мощностной обратной связи реактора путем осцилляции реактивности затруднено. Намного проще выводить реактор на стабильный уровень мощности и быстро изменять уровень реактивности с помощью штатного органа управления, регистрируя возникающий при этом переходный процесс мощности реактора, затем, обрабатывая переходный процесс, вычислять АФХ обратной связи, используя уравнения кинетики и фурье-преобразование.

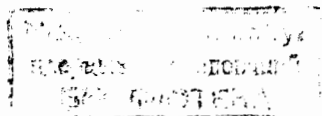
Этот метод, который дал хорошие результаты при вычислении АФХ реактора ИБР-30^{/1,2/}, и был использован для вычисления АФХ мощностной обратной связи реактора ИБР-2 на первом этапе его энергетического пуска в 1982 г.

Изменение уровня реактивности осуществлялось путем смещения органа управления системы управления и защиты. Обычно оно осуществлялось с помощью компенсирующего органа /КО/, обеспечивающего наиболее быстрое изменение реактивности по сравнению с другими органами, а иногда - с помощью промежуточного регулятора /ПР/. Реактивность изменялась на такую величину, чтобы наибольшее отклонение мощности в переходном процессе составляло менее 50% начального уровня мощности. Смещение органа управления производилось в зоне линейной зависимости его реактивности от смещения.

Эксперименты проводились при различных уровнях мощности реактора /от 10 кВт до 2 МВт/ и различных расходах теплоносителя /номинальном, 70% и 40% от номинального/ при частоте 25 импульсов мощности в секунду. Регистрировалась выделяемая в течение каждого импульса энергия E /в относительных единицах/. В каждом эксперименте регистрировалось 8-10 тысяч импульсов, в том числе около двух тысяч - до изменения реактивности. Замерялась мощность реактора P_0 до изменения реактивности. На рис.1 показана часть зарегистрированной последовательности импульсов мощности для одного из экспериментов.

Обработка зарегистрированной последовательности импульсов мощности заключалась в следующем. Для упрощения расчетов принималось, что вся энергия E , выделяемая в течение периода следования импульсов T , выделяется в течение импульса мощности. Полагалось, что импульсы мощности пропорциональны δ -функции.

Зависимость энергии n -го импульса E_n от интенсивности источника нейтронов S_n перед началом развития импульса и от максимального значения реактивности ρ_n , достигаемого в течение этого импульса, принималась в виде



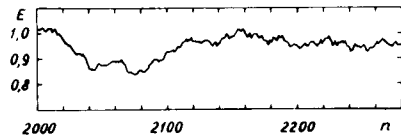


Рис.1. Зарегистрированный переходный процесс при уменьшении реактивности путем смещения компенсирующего органа на 2,4 мм.

E - энергия импульсов в относительных единицах, n - номер импульса. Начальная мощность 1880 кВт, расход теплоносителя номинальный /100 м³/час/.

$$E_n = S_n A \exp(\rho_n), \quad /1/$$

где A - константа, ρ_n - реактивность в относительных единицах - в долях так называемой " β -импульсной", E_n и S_n - в относительных единицах.

Интенсивность источника нейтронов S_n вычислялась по формулам

$$S_n = \sum_{i=1}^6 (S_i)_n, \quad /2/$$

$$(S_i)_n = \{(S_i)_{n-1} + E_{n-1} \mu_i \lambda_i\} \exp(-\lambda_i T),$$

где $(S_i)_n$, $(S_i)_{n-1}$ - интенсивность источников нейтронов i -той группы перед началом развития соответственно n -го и $(n-1)$ -го импульсов мощности; μ_i - отношение доли запаздывающих нейтронов β_i группы i к суммарной доле всех запаздывающих нейтронов β ; λ_i - постоянная распада источников запаздывающих нейтронов группы i (1/с); T - период следования импульсов /с/. Значения μ_i и λ_i были приняты следующими:

$$\begin{aligned} \mu_1 &= 0,038, \quad \mu_2 = 0,28, \quad \mu_3 = 0,216, \quad \mu_4 = 0,328, \quad \mu_5 = 0,103, \\ \mu_6 &= 0,035; \\ \lambda_1 &= 0,0129, \quad \lambda_2 = 0,0311, \quad \lambda_3 = 0,134, \quad \lambda_4 = 0,331, \quad \lambda_5 = 1,26, \\ \lambda_6 &= 3,21. \end{aligned}$$

Полагалось, что до начала регистрации импульсов мощности, когда реактор работал в установившемся режиме, энергия равна усредненному по L импульсам значению:

$$E_0 = \frac{1}{L} \sum_{n=1}^L E_n. \quad /3/$$

Соответствующая стационарному режиму интенсивность источника нейтронов вычислялась по формуле

$$S_0 = E_0 \sum_{i=1}^6 \frac{\mu_i \lambda_i}{\exp(\lambda_i T) - 1}. \quad /4/$$

Соответствующее n -му импульсу отклонение реактивности от первоначального /усредненного по L импульсам/ значения вычислялось по формуле

$$\Delta \rho_n = \ln(E_n/S_n) - \overline{\ln(E/S)}, \quad /5/$$

где

$$\overline{\ln(E/S)} = \frac{1}{L} \sum_{n=1}^L \ln(E_n/S_n).$$

Принималось, что $L = 1000$. Вычислялось среднее значение

$$\Delta \bar{\rho} = \frac{1}{L} \sum_{n=1}^L \Delta \rho_n. \quad /6/$$

Для всех переходных процессов оно получилось практически равным нулю и тем самым подтвердило правильность предположения, что в начале регистрации процессов режим работы реактора был установившимся.

Вычислялись также среднеквадратические значения относительно отклонения энергии и отклонения реактивности от их первоначальных средних значений:

$$\Delta e_{\text{кв}} = \sqrt{\frac{1}{L} \sum_{n=1}^L \left(\frac{E_n - E_0}{E_0} \right)^2}, \quad /7/$$

$$\Delta \rho_{\text{кв}} = \sqrt{\frac{1}{L} \sum_{n=1}^L \Delta \rho_n^2}. \quad /8/$$

Шумы в последовательностях E и $\Delta \rho$ ослаблялись с помощью линейной фильтрации. В результате осуществлялся переход к сглаженным последовательностям энергии /в долях E_0 / и реактивности путем усреднения по $(2K+1)$ импульсам:

$$\tilde{e}_J = \frac{1}{2K+1} \sum_{n=J-K}^{J+K} \frac{E_n}{E_0}, \quad \Delta \tilde{\rho}_J = \frac{1}{2K+1} \sum_{n=J-K}^{J+K} \Delta \rho_n, \quad /9/$$

$$J = K+1, \dots, N-K.$$

Увеличение K приводит к уменьшению составляющих, обусловленных случайными процессами, но одновременно искажает /сглаживает/ и регулярные составляющие. Результаты вычислений, приведенные ниже, относятся к усреднению по девяти импульсам / $K = 4$ /.

Вычислялось экстремальное значение $\Delta \tilde{\rho}_{EX}$, определялся соответствующий ему номер импульса JEX , а также ближайший предшествующий ему номер импульса $J1$, при котором $|\Delta \tilde{\rho}_{J1}| < 0,01$. Полагалось, что импульс $J1$ соответствует началу переходного процесса. В результате анализа переходных процессов выбиралось число импульсов $N2 = 350$ и определялся номер импульса

$$J2 = JEX + N2, \quad /10/$$

после которого переходный процесс можно было считать закончившимся. Выбор существенно большего значения $N2$ приводил к искажению АФХ обратной связи, поскольку в этом случае усиливалось влияние медленных регулярных составляющих переходного процесса, обусловленных не перемещением органа управления, а другими причинами. Поэтому мощностная обратная связь, АФХ которой вычислялась путем обработки переходного процесса ограниченной длительности, названа быстрой. После ограничения переходного процесса импульсами $J1$ /начало процесса/ и $J2$ /конец процесса/ заново вычислялись значения энергии /в долях от первоначального уровня E_0 / и реактивности, принимаемые за начальные и установившиеся значения:

$$\tilde{e}_0 = \frac{1}{L} \sum_{n=J1-L+1}^{J1} \frac{\tilde{E}_n}{E_0}, \quad \tilde{e}_{уст.} = \frac{1}{L} \sum_{n=J2}^{J2+L-1} \frac{\tilde{E}_n}{E_0}, \quad /11/$$

$$\Delta \tilde{\rho}_0 = \frac{1}{L} \sum_{n=J1-L+1}^{J1} \Delta \tilde{\rho}_n, \quad \Delta \tilde{\rho}_{уст.} = \frac{1}{L} \sum_{n=J2}^{J2+L-1} \Delta \tilde{\rho}_n. \quad /12/$$

$\Delta \tilde{\rho}_0$ и $\Delta \tilde{\rho}_{уст.}$ получились достаточно близкими к нулю и тем самым подтвердили обоснованность выбора $J1$ и $J2$. В интервале импульсов $J1 - J2$ вычислялись отклонения от начальных значений:

$$\Delta e'_J = \tilde{e}_J - \tilde{e}_0, \quad \Delta \rho'_J = \Delta \tilde{\rho}_J - \Delta \tilde{\rho}_0. \quad /13/$$

Определялась реактивность

$$\Delta \rho'_{EX} = \Delta \tilde{\rho}_{EX} - \Delta \tilde{\rho}_0. \quad /14/$$

$\Delta e'$ и $\Delta \rho'$ при $J < J1$ полагались равными нулю. Реактивность $\Delta \rho'$ рассматривалась как результат наложения задающей реактивности

$\Delta \rho_3$, обусловленной смещением органа управления, и реактивности $\Delta \rho_P$, обусловленной отрицательной мощностной обратной связью:

$$\Delta \rho' = \Delta \rho_3 - \Delta \rho_P. \quad /15/$$

Окончанию переходного процесса соответствует условие $\Delta \rho'_{уст.} = 0$, то есть $\Delta \rho_{уст.} = \Delta \rho_3_{уст.}$.

Регистрировать переходный процесс смещения органа управления не было возможности. Регистрировались лишь начальное и конечное положение органа. Поэтому реактивность $\Delta \rho_{3J}$ определялась косвенным путем. Для этого предварительно обрабатывались переходные процессы, соответствующие малым уровням мощности /десятки кВт/, при которых реактивность обратной связи $\Delta \rho_P$ мала. На рис.2 показана сглаженная реактивность $\Delta \tilde{\rho}$ /огигающая/ при уменьшении реактивности /смещение компенсирующего органа составило $-1,3$ мм, средняя мощность перед изменением реактивности составляла 10 кВт/. Были вычислены коэффициенты пропорциональности между значением реактивности $\Delta \rho_3$ и смещением компенсирующего органа $\Delta \ell$. Наименьшее и наибольшее значения коэффициента составили соответственно 0,23 и 0,26 β имп/мм, а среднее значение

$$k_{\rho \ell} = \Delta \rho_3 / \Delta \ell = 0,25 \beta \text{ имп/мм.} \quad /16/$$

Соответственно для промежуточного регулятора $k_{\rho \ell} = 0,047 \beta$ имп/мм. С помощью этих коэффициентов были вычислены установившиеся значения реактивности для тех режимов работы реактора, при которых влияние мощностной обратной связи существенно.

Значения реактивности $\Delta \rho_{3J}$ до выхода ее на установившийся уровень вычислялись из предположения, что в этом интервале времени реактивность пропорциональна интегралу мощности:

$$\Delta \rho_{PJ} = c \sum_{n=J1}^J \Delta e'_n, \quad /17/$$

где c - коэффициент пропорциональности. После этого с учетом уравнения /15/ рассчитывалась последовательность $\Delta \rho_{PJ}$. Как функция времени реактивность, обусловленная мощностной обратной связью, и отклонение мощности /в кВт/ от начального уровня представлялись в виде

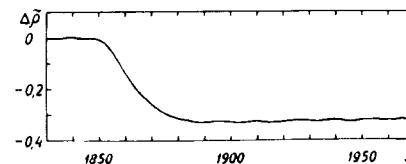


Рис.2. Вычисленный переходный процесс усредненной по 9 импульсам реактивности реактора $\Delta \tilde{\rho}$ в долях β имп. J - номер импульса.

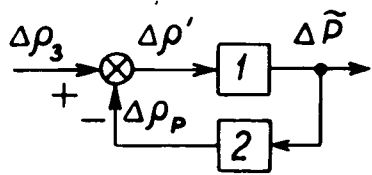


Рис.3. Структурная схема реактора: 1 - реактор нулевой мощности, 2 - блок мощностной обратной связи.

$$\Delta \rho_P(t) = \sum_{n=J1}^{\infty} \Delta \rho_{Pn} \delta(t - nT), \quad /18/$$

$$\Delta \tilde{P}(t) = P_0 \sum_{n=J1}^{\infty} \Delta e'_n \delta(t - nT), \quad /19/$$

где P_0 - значение средней мощности реактора в кВт, измеренное до изменения реактивности. К выражениям /18/ и /19/ применялось фурье-преобразование, и вычислялась АФХ мощностной обратной связи:

$$W(j\omega) = \frac{\Delta \rho_P(j\omega)}{\Delta \tilde{P}(j\omega)}, \quad /20/$$

где ω - круговая частота, $\Delta \rho_P(j\omega)$ и $\Delta \tilde{P}(j\omega)$ - фурье-изображения соответственно реактивности обратной связи и мощности. Структурная схема реактора с мощностной обратной связью показана на рис.3.

Для каждого режима реактора, характеризующегося определенным уровнем мощности и расходом теплоносителя, эксперименты повторялись несколько раз. По вычисленным для каждого эксперимента АФХ определялась усредненная АФХ:

$$\bar{W}(j\omega) = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M W_m(j\omega), \quad /21/$$

где M - количество экспериментов. На рис.4 показаны усредненные АФХ обратной связи.

Мощностная отрицательная обратная связь аппроксимировалась инерционным звеном с амплитудно-фазовой частотной характеристикой:

$$W_A(j\omega) = \frac{k}{Tj\omega + 1}, \quad /22/$$

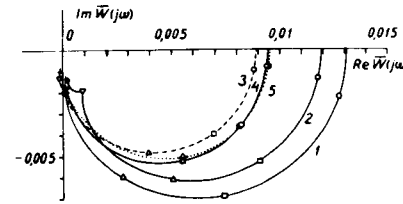


Рис.4. Усредненные АФХ мощностной обратной связи: 1 - мощность реактора ≈ 400 кВт, расход теплоносителя 40% от номинального; 2 - 400 кВт, 70% расхода; 3 - 900 кВт, 70% расхода; 4 - 900 кВт, расход номинальный; 5 - 1900 кВт, расход номинальный. На характеристиках помечены частоты ω : \circ - 0,01; \square - 0,05; Δ - 0,1; ∇ - 0,5; \bullet - 1 с^{-1} .

то есть зависимость между реактивностью обратной связи и мощностью аппроксимировалась дифференциальным уравнением

$$T \frac{d\Delta \rho_P}{dt} + \Delta \rho_P = k \tilde{P}. \quad /23/$$

В качестве коэффициента усиления k принималось среднее арифметическое значение, определенное из M экспериментов:

$$k = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \left(\frac{\Delta \rho_{3 \text{ уст}}}{\Delta P_{\text{уст}}} \right)_m, \quad /24/$$

где $\Delta P_{\text{уст}} = P_0 (\bar{e}_{\text{уст}} - \bar{e}_0)$.

Значение постоянной времени T оптимизировалось. Выбиралось такое T , при котором среднее значение модуля отклонения аппроксимирующей АФХ от усредненной /в долях коэффициента усиления k /

$$\Delta = \frac{1}{k N_\omega} \sum_{\omega_1}^{\omega_2} |W_A(j\omega) - \bar{W}(j\omega)| \quad /25/$$

достигало наименьшей величины. Частоты ω_1 и ω_2 выбирались из следующих условий:

$$||\bar{W}(j\omega_1)| - k|/k \geq 0,05, \quad /26/$$

$$|\bar{W}(j\omega_2)|/k \leq 0,1,$$

N_ω - количество вычисленных значений АФХ в диапазоне частот $\omega_1 - \omega_2$. Значения частот в этом диапазоне были выбраны так, что отношение каждой последующей частоты к предыдущей составляло 1,12. Для каждой частоты вычислялось в долях коэффициента усиления k среднеквадратическое отклонение вычисленных АФХ от усредненной АФХ:

$$\Delta_{\text{КВ}}(\omega) = \frac{1}{k} \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{m=1}^M |W_{\text{п}}(j\omega) - \bar{W}(j\omega)|^2}, \quad /27/$$

и среднеквадратическое отклонение вычисленной АФХ от аппроксимирующей:

$$\Delta_{\text{АКВ}}(\omega) = \frac{1}{k} \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{m=1}^M |W_m(j\omega) - W_{\text{А}}(j\omega)|^2}. \quad /28/$$

Вычислялось также значение $\Delta_{\text{КВ}}(0)$.

В табл.1 для пяти серий экспериментов приведены вычисленные временные показатели переходных процессов при различных уровнях мощности, расходах теплоносителя и смещениях органа управления. В табл.2 для этих же серий экспериментов приведены усредненные частотные параметры, полученные в результате обработки амплитудно-фазовых характеристик мощностной обратной связи. Ошибка приведенных в табл.2 значений k , обусловленная ошибкой измерения сельсином смещения органа управления, не превосходит 10%. В процессе оптимизации постоянной времени T закладывалась ошибка 6%, поскольку T выбиралась из ряда значений, в котором соседние величины различались в 1,12 раза.

Среднеквадратические значения относительного отклонения энергии и отклонения реактивности от их первоначальных средних значений не превосходят 0,021.

В результате обработки зарегистрированных переходных процессов мощности реактора ИБР-2 при резком изменении уровня реактивности штатным органом управления получены амплитудно-фазовые частотные характеристики быстрой мощностной обратной связи. Переходные

процессы зарегистрированы при частоте 25 импульсов мощности в секунду, при различных уровнях мощности и расходах теплоносителя. Мощностная обратная связь аппроксимирована линейным звеном первого порядка.

Временные показатели переходных процессов для пяти серий экспериментов /1982 г./

Номер серии экспериментов	1	2	3	4	5
Дата проведения	11.01	12.01	02.02	14.01	20.04
Расход теплоносителя в долях от номинального	0,4	0,7	0,7	1	1
Кол-во переходных процессов в серии	2	2	5	4	4
Смещение компенсирующего органа управления, мм		1,1 -1,2	-1,2 1,1 1,25 -1,25 1,24	-1,2 1,0 -1,95 1,1	-2,4 3,5 4,9 2,0
Смещение промежуточного регулятора, мм	-2,8 2,9				
Начальная мощность P_0 /верхняя цифра/ и установившееся отклонение мощности после окончания переходного процесса $P_{\text{уст.}}$ /нижняя цифра/, кВт	$\frac{408}{-10}$ $\frac{398}{11}$	$\frac{381}{22}$ $\frac{412}{-26}$	$\frac{915}{-40}$ $\frac{876}{30}$ $\frac{911}{31}$	$\frac{943}{-35}$ $\frac{906}{26}$ $\frac{925}{-52}$ $\frac{918}{-37}$ $\frac{881}{37}$	$\frac{1880}{-63}$ $\frac{1885}{92}$ $\frac{1875}{125}$ $\frac{1875}{54}$
Наибольшее отклонение реактивности в переходном процессе $\Delta \beta_{\text{рх}}$ в долях β имп.	-0,07 0,072	0,141 -0,173	-0,228 0,194 0,202 -0,229 0,212	-0,178 0,154 -0,26 0,15	-0,126 0,125 0,116 0,104

Таблица 2

Параметры усредненных частотных характеристик

Номер серии экспериментов и номер АФХ на рис.4	1	2	3	4	5
Дата проведения	11.01	12.01	02.02	14.01	20.04
Расход теплоносителя в долях от номинального	0,4	0,7	0,7	1	1
Кол-во переходных процессов в серии	2	2	5	4	4
Коэффициент усиления обратной связи k , доли β имп/кВт	0,0131	0,0119	0,0089	0,0095	0,0095
Постоянная времени T , с	17,8	12,5	11,2	8,9	8,9
Среднее значение модуля отклонения аппроксимирующей АФХ от усредненной Δ , доли k	0.034	0.035	0.042	0.049	0.031
Наибольшее значение среднеквадратического отклонения вычисленных АФХ от усредненной $\Delta_{\text{кв}}(\omega)_{\text{max}}$	0,051	0,065	0,068	0,062	0,047

ЛИТЕРАТУРА

1. Попов А.К., Рогов А.Д., Руденко В.Т. ОИЯИ, 13-80-95, Дубна, 1980.
2. Денисов В.Д., Попов А.К., Руденко В.Т. ОИЯИ, P13-81-656, Дубна, 1981.

Рукопись поступила в издательский отдел
6 июля 1983 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги,
если они не были заказаны ранее.

Д3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
Д13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
Д1,2-12036	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
Д1,2-12450	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
Д1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
Д11-80-13	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
Д11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
Д4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
Д4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
Д4-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
Д10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
Д1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
Д17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
Д1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
Р18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
Д2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
Д9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
Д3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Пепельшев Ю.Н., Попов А.К., Рогов А.Д. P13-83-471
Частотные характеристики быстрой мощностной обратной связи импульсного реактора ИБР-2

Проведена математическая обработка зарегистрированных на реакторе ИБР-2 переходных процессов мощности при быстрых изменениях реактивности штатным органом управления. В результате вычислены амплитудно-фазовые частотные характеристики мощностной обратной связи реактора ИБР-2, знание которых необходимо при анализе динамики реактора. Характеристики вычислены для частоты 25 импульсов мощности в секунду при различных уровнях мощности и расходах теплоносителя. При вычислении использованы уравнения кинетики и фурье-преобразование. Мощностная обратная связь аппроксимирована линейным звеном первого порядка.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Pepelyshev Yu.N., Popov A.K., Rogov A.D. P13-83-471
The Frequency Characteristics of the Power Feedback of the IBR-2 Fast Pulsed Reactor

The transfer functions of the power feedback of IBR-2 fast pulsed reactor are obtained for the reactor dynamic analysis. These are calculated at 25 pulses of power per second and various levels of power and coolant velocity. To calculate the transfer functions the records of transient processes of power at fast changes of reactivity levels by control block are used. The equations of reactor kinetics and the Fourier transformation are also used. The power feedback is approximated by a simple lag.

The investigation has been performed at the Laboratory of Neutron Physics, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research, Dubna 1983

Перевод О.С.Виноградовой