

Неравенство $\Delta \ll \bar{\alpha}$ является, по существу, условием эффективной работы любого лазера. Поэтому сделанный выше вывод о малости выигрыша в мощности при селективном выводе энергии из резонатора будет, по-видимому, справедлив и по отношению к лазерам с другими схемами переходов (например, с «параллельными переходами», как в CO_2 -лазере).

ЛИТЕРАТУРА

1. Гутин М. А., Кольченко А. П., Троицкий Ю. В. Выходная мощность лазера на каскадных переходах.— Квант. электроника, 1983, т. 10, № 7.
2. Ищенко Е. Ф., Климов Ю. М. Оптические квантовые генераторы.— М.: Сов. радио, 1968.

Поступило в редакцию 16 февраля 1984 г.

УДК 53.083.72 : 519.233.22

Ю. Г. МОРОЗОВ, С. А. РУКОЛАЙНЕ
(Ленинград)

МЕТОД «МЕЧЕНЫХ» ИМПУЛЬСОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ АМПЛИТУДНОГО АНАЛИЗА

Импульсный анализ в настоящее время является классическим экспериментальным методом, широко применяемым в различных областях науки и техники. Описанию и исследованию этого метода посвящено большое количество работ*, поэтому нет смысла в этом сообщении описывать сам метод и проблемы, возникающие при его использовании.

Существенное место в литературе уделяется обсуждению проблемы нормирования амплитудного спектра на «живое» время. При автоматизации амплитудного анализа с использованием аппаратуры в стандарте КАМАК эта проблема еще более усложняется, так как появляются дополнительные факторы, увеличивающие «мертвое» время, причем учесть их весьма сложно.

Предлагаемый метод «меченых» импульсов является некоторым видоизменением классической экспериментальной методики и позволяет в условиях автоматизации эффективно решить проблему нормирования спектра на «живое» время, упростить архитектуру системы и программное обеспечение, а также успешно работать при перегрузках анализатора, выше пороговых.

Основная идея метода заключается в том, что к импульсам, поступающим от экспериментальной установки, подмешивают импульсы от генератора, имеющие определенную частоту и амплитуду, и эта смесь подается на вход анализатора. Амплитуда импульсов, идущих от генератора, подбирается заведомо больше амплитуды исследуемых импульсов, чего легко добиться с помощью соответствующего коэффициента усиления на экспериментальной установке и генераторе. Таким образом, импульсы от генератора как бы помечены, так как они обладают строго определенной амплитудой, которую не могут иметь исследуемые импульсы.

При обработке спектра легко определить, какое число «меченых» импульсов было проанализировано, и оценить «живое» время по формуле

$$\hat{\tau}_ж = n_r / \omega_r, \quad (1)$$

где $\hat{\tau}_ж$ — оценка «живого» времени, n_r — число проанализированных «меченых» импульсов, ω_r — частота «меченых» импульсов.

Оценка частоты исследуемых импульсов, попадающих в i -й канал анализатора, определяется следующим образом:

$$\hat{\omega}_i = n_i / \hat{\tau}_ж, \quad i = 1, 2, \dots, k \quad (2)$$

($\hat{\omega}_i$ — оценка частоты исследуемых импульсов, попадающих в i -й канал анализатора; n_i — число импульсов, поступивших в этот канал; k — номер последнего канала, в который могут попадать исследуемые импульсы), а оценка суммарной частоты исследуемых импульсов находится по формуле

$$\hat{\omega} = n / \hat{\tau}_ж, \quad (3)$$

где n — число проанализированных импульсов, т. е. $n = \sum_{i=1}^k n_i$.

* Курочкин С. С. Многомерные статистические анализаторы.— М.: Атомиздат, 1968.

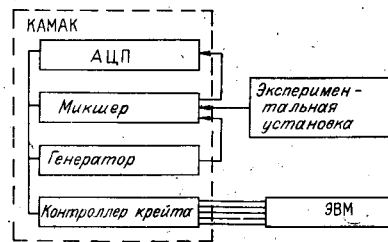


Рис. 1.

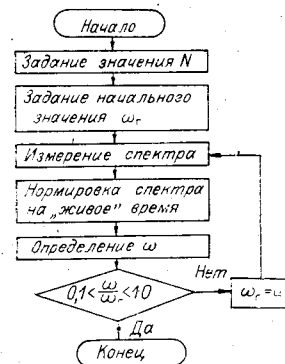


Рис. 2.

Данный метод, очевидно, основан на предположении о том, что импульсы поступают с экспериментальной установки случайным образом, а это, как правило, имеет место в силу статистического характера изучаемых процессов (рентгеновская спектроскопия в атомной физике и др.). Считается также, что исследуемые и «меченые» импульсы теряются из-за «мертвого» времени с одинаковой вероятностью.

В методе «меченых» импульсов не нужно указывать время экспозиции, вместо этого задается число импульсов, которые необходимо проанализировать для получения достаточно точного результата.

Архитектура автоматизированной системы для амплитудного анализа методом «меченых» импульсов изображена на рис. 1. В качестве генератора весьма удобно использовать модуль, выполненный в стандарте КАМАК, позволяющий переключать частоту программным способом. В системе используется микшер. Оба модуля достаточно просты в изготовлении.

Параметрами метода являются: N — число импульсов, которые должны быть проанализированы, ω_r — частота «меченых» импульсов.

Проведя необходимые вычисления, получим следующие равенства для дисперсий оценок частот:

$$\lim_{N \rightarrow \infty} ND(\hat{\omega}) = (1/p + 1/(1-p))\omega^2, \quad (4)$$

$$\lim_{N \rightarrow \infty} ND(\hat{\omega}_i) = (1/p_i + 1/(1-p))\omega_i^2, \quad i = 1, 2, \dots, k, \quad (5)$$

где $p = \omega/(\omega + \omega_r)$, $p_i = \omega_i/(\omega + \omega_r)$. При $N > 100$ выражения, стоящие под знаком предела, достаточно точно аппроксимируются своими предельными значениями.

Из равенств (4), (5) следует, что $\min_i (\max(D(\hat{\omega}_i), D(\hat{\omega})))$ достигается при

$\omega_r = \omega$ (в формуле (4)), т. е. ошибки по всем каналам равномерно минимизируются в том случае, когда частота «меченых» импульсов равна частоте исследуемых, причем ошибка в задании частоты «меченых» импульсов относительно оптимальной даже на порядок приводит к увеличению среднеквадратической ошибки менее чем в 2 раза.

Оптимальное значение частоты «меченых» импульсов можно с достаточной точностью получить за 2–3 итерации, используя алгоритм, изображенный на рис. 2.

Значение для N находится из формулы (4), исходя из необходимой точности определения спектра.

В настоящее время описанный метод успешно используется в автоматизированной экспериментальной системе в Физико-техническом институте им. А. Ф. Иоффе АН СССР.

Поступило в редакцию 30 марта 1983 г.;
окончательный вариант — 30 января 1984 г.

УДК 621.391

Н. П. СЕМЕЙКИН
(Жуковский Московской)

ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ ДОПЛЕРОВСКОЙ ЧАСТОТЫ СИСТЕМОЙ ЛДИС С ЧАСТОТНО-СЛЕДЯЩИМ ФИЛЬТРОМ

Измерительная система с частотно-следящим фильтром находит широкое применение в лазерных доплеровских измерителях скорости (ЛДИС). В связи с этим встает вопрос о точностных характеристиках следящего фильтра при измерении средней скорости, спектральных и вероятностных характеристик пульсаций ско-