

В. Г. ПАНАДЖЯН

ОБ ОДНОМ ПРИМЕНЕНИИ ДВУХКАНАЛЬНОГО
ИНТЕРФЕРОМЕТРА С ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕМ ФАЗЫ

Разделение во времени радиоизлучения радионеточника на две равные части с помощью двухканального интерферометра с переключением фазы используется для повышения отношения сигнал/шум при наблюдениях межпланетных мерцаний. Кросскорреляционная обработка последетекторных сигналов двух каналов интерферометра позволяет накопить сигнал мерцаний за время, намного превышающее характерный масштаб мерцаний, подавить некоррелированные помехи и наводки аппаратурного происхождения, уменьшить уровень шумов и повысить, тем самым, отношение сигнал/шум межпланетных мерцаний радионеточников.

Существует ряд причин, препятствующих реализации предельной чувствительности радиотелескопов при проведении наблюдений межпланетных мерцаний компактных радионеточников. Известно, что всякие нестабильности в работе приемной аппаратуры, наводки и помехи не только мешают получать качественные записи мерцаний радионеточников, но и ограничивают чувствительность радиотелескопа. Фон Галактики и повышение шумовой температуры радиометра при наблюдении сильных источников из-за ограниченного динамического диапазона приемных устройств тоже уменьшают чувствительность радиотелескопа к мерцаниям. Если учесть, что достигнутая разрешающая способность метода межпланетных мерцаний составляет 0.02 [1], которая в принципе не зависит от длины волны принимаемого радиоизлучения, но в основном зависит от отношения сигнал/шум, то задача повышения отношения сигнала мерцаний к шумам становится очевидной.

Увеличение радиометрического выигрыша радиотелескопа традиционным методом—увеличением постоянной времени выходного устройства радиометра, здесь непригодно по причине того, что межпланетные мерцания имеют время корреляции (характерный масштаб времени) $T^M \sim 0.2 \div 3$ с. Следовательно, значение постоянной времени радиометра в обычном понимании ограничено сверху. Для того, чтобы без искажения воспроизвести временной спектр мерцаний, необходимо постоянную времени радиометра брать в несколько раз меньше нижнего предела времени корреляции мерцаний: $\tau \ll T^M$. С целью дальнейшего увеличения чувствительности радиотелескопа к мерцаниям можно прибегать к накоплению сигнала мерцаний. Для этого необходимо вместо измерения напряжения выходного сигнала радиометра измерять его мощность, для чего отфильтрованный последетекторный сигнал нужно возвести в квадрат и интегрировать. Таким образом, мы приходим к автокорреляционной обработке мерцаний с временем накопления $T > T^M$. Такой метод наблюдения мерцаний впервые применен в [2], который впоследствии был назван одночастотным методом [3]. Усовершенствованный вариант одночастотного метода наблюдения мерцаний описан в [4], где наряду с косинусным методом интер-

ферометра использован также синусный выход. С этой целью используется также кросскорреляционная обработка последетекторных сигналов. В работе [5] использовано наблюдение мерцаний на двух ортогональных составляющих поляризации радионизлучения исследуемых радионисточников. Здесь для кросскорреляционной обработки используется то обстоятельство, что мерцания на двух ортогональных составляющих поляризации повторяют друг друга (100% корреляция), а шумы фона некоррелированы.

Известно, что межпланетные мерцания коррелированы в широком диапазоне частот [6]. Это свойство мерцаний используется для кросскорреляционной обработки последетекторных сигналов, когда проводят одновременное наблюдение мерцаний на двух разнесенных частотах, отстоящих друг от друга в пределах диапазона частотной корреляции мерцаний. В этом случае надо иметь в виду, что максимум кросскорреляционной функции в общем случае смещен относительно нулевого временного (пространственного) разнеса мерцаний, что обусловлено градиентом электронной концентрации межпланетной плазмы [7]. Идея двухчастотного метода впервые была высказана в [8], а практически была реализована в работе [3].

Кросскорреляционная обработка отфильтрованных последетекторных сигналов эквивалентна интерферометру интенсивностей с нулевой базой. Известно, что теоретическая чувствительность последнего при равных прочих условиях уступает аналогичной чувствительности обычных интерферометров. Однако при обработке последетекторных сигналов автокорреляционным или кросскорреляционным методами выигрыш в чувствительности достигается за счет увеличения времени накопления мерцаний.

Если чувствительность одночастотного метода равна $\Delta S = \sqrt{2S_m} (\tau/T)^{1/4}$ [9], где S_m — уровень шумов на выходе радиометра с полосой пропускания $\Delta\nu$ и постоянной времени выхода τ , T — время усреднения (длина массива) при корреляционной обработке, то в случае двухчастотного метода она в $\sqrt{2}$ раз лучше [10], что обусловлено использованием более широкого (в 2 раза) частотного спектра. Однако, как показывает практика, выигрыш в чувствительности в двухчастотном методе по сравнению с одночастотным методом составляет ~ 3 [3]. Повышенный выигрыш в чувствительности можно объяснить ослаблением влияния нестабильностей работы приемной аппаратуры и уменьшением вклада помех и наводок, т. к. в случае двухчастотного метода шумы и мерцания в каждом канале и шумы в отдельных каналах некоррелированы, а мерцания в разных каналах коррелированы. Двухчастотный метод особенно эффективен на дециметровых волнах [11], где уровень помех велик, а шумовая температура радиотелескопа определяется температурой фона Галактики.

Поскольку при кросскорреляционной обработке последетекторных сигналов частотное разделение каналов эквивалентно временному разделению сигналов, то нами предлагается способ разделения во времени приходящего радионизлучения от исследуемого радионисточника на два канала с периодом переключения $T_{пер} \ll T^M$, где T^M — время корреляции межпланетных мерцаний. В основе этого метода лежит двухканальный интерферометр с переключением фазы [12], работающий в радиометрическом режиме. Блок-схема предложенного метода, которая приведена на рисунке, состоит из антенн A_1 и A_2 , двойного фазового переключателя 1, двух каналов приемных устройств 2 и 3 с общим гетеродином 6, двух синхронных детекторов 4 и 5, генератора опорного напряжения 7, двух фильтров 8 и 9, пропускающих частоты > 0.1 Гц,

вычитающего устройства 10, выходного устройства 11 и перемножающего устройства 12.

Благодаря переключению фазы антенного сигнала сигнал от наблюдаемого радионисточника попеременно проходит то через один, то через другой каналы, т. е. происходит разделение сигнала во времени на две равные части (если переключающее напряжение имеет симметричную форму). Сигналы на выходах синхронных детекторов представляют сумму мерцаний, шумов, помех и наводок. Мерцания в одном и в другом каналах повторяют друг друга (100% корреляция), т. к. $T_{\text{пер}} \ll T^M$, а шумы и мерцания в каждом канале, а также шумы в раз-

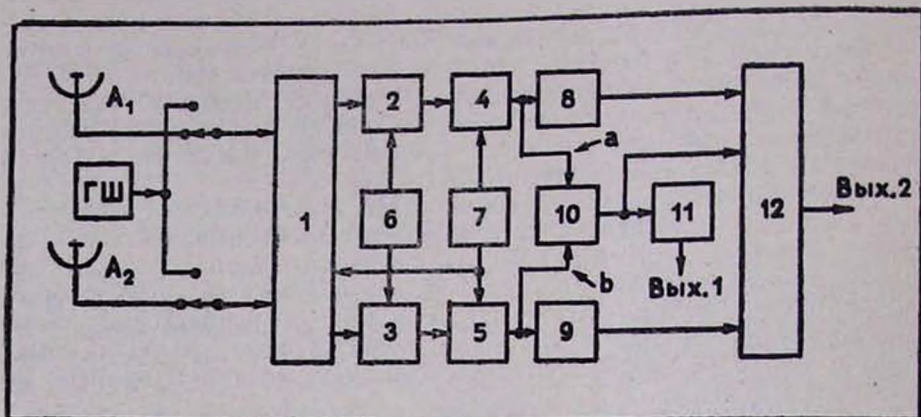


Рисунок. Блок-схема метода наблюдения межпланетных мерцаний, основанная на временном разделении сигнала на два канала: A_1 и A_2 —антенны; 1—двойной фазовый переключатель; 2, 3—приемники; 4, 5—синхронные детекторы; 6—гетеродин; 7—генератор опорного напряжения; 8, 9—фильтры высоких частот; 10—вычитающее устройство; 11—выходное устройство; 12—перемножающее устройство (ЭВМ); ГШ—генератор шума с внутренней амплитудной модуляцией; Вых. 1—аналоговый выход, Вых. 2—цифровой выход

ных каналах некоррелированы. Поэтому при кросскорреляционной обработке мерцания выделяются лучше, чем шумы, помехи и наводки. Кросскорреляционную обработку сигналов удобно проводить с помощью ЭВМ, на выходе которой можно получить интенсивности радионисточника, мерцаний и шумов, а также осуществить калибровку наблюдений с помощью генератора шумов (ГШ) с внутренней амплитудной модуляцией. Поскольку временное разделение сигналов при их кросскорреляционной обработке эквивалентно частотному разделению каналов, то очевидно, что в результате кросскорреляционной обработки сигналов будет получен такой же эффект, как в случае двухчастотного метода.

Метод предлагаемого временного разделения мерцаний на два канала выгодно отличается от двухчастотного метода следующим: 1) в отличие от двухчастотного метода, где максимум кросскорреляционной функции выходов разных каналов смещен от нулевого временного (пространственного) разнosa, в методе временного разделения мерцаний выходы каналов имеют 100% корреляцию, что облегчает обработку результатов наблюдений; 2) при проведении наблюдений мерцаний в условиях помех с амплитудной модуляцией в методе времен-

ного разделения мерцаний отстраняться от помех легче, чем в случае двухчастотного метода (в предположении одинаковой полосы пропускания каналов).

В описанной блок-схеме имеется также возможность получить аналоговые записи наблюдений без накопления сигнала мерцаний. С этой целью выходы каналов a и b можно использовать либо отдельно, либо суммировать их в блоке 10. В последнем случае отношение сигнал/шум в $\sqrt{2}$ раз больше, чем у каждого выхода отдельно.

В заключение следует отметить, что если частоты каналов сдвигать разными—в пределах диапазона частотной корреляции мерцаний, то это позволит осуществить разделение каналов как по времени, так и по частоте.

17 декабря 1985 г.

Վ. Գ. ՓԱՆԱՋՅԱՆ

ՓՈԻԼԱՅԻՆ ՓՈԽԱՆՋԱՏՈՒՄՈՎ ԵՐԿՈՒՂԻ ԻՆՏԵՐՖԵՐՈՄԵՏՐԻ ՄԻ ԿԻՐԱՌՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ

Փուլային փոխանջատումով երկուղի ինտերֆերոմետրի միջոցով դիտվող աստղաղբյուրի հոսքի բաժանումը ժամանակային երկու հավասար մասերի օգտագործված է միջմոլորակային առկայծումների ազդանշան/աղմուկ հարաբերությունը մեծացնելու համար: Ռադիոաղբյուրի հոսքի բաժանումը ժամանակային երկու հավասար մասերի թույլ է տալիս ինտերֆերոմետրի ուղիների ազդանշանները մշակել կորելացիոն եղանակով, որը հնարավորություն է ընձեռում առկայծումները կուտակել դրանց քվադրիպարբերությամբ գերազանցող ժամանակահատվածում և դրանով իսկ մեծացնել առկայծում/աղմուկ հարաբերությունը՝ միաժամանակ ճնշելով ոչ կորելացված խանգարումները, աղմուկները, ինչպես նաև ընդունիչի ուժեղացման գործակցի անկայունությունները: Նկարագրված բլոկ-սխեման թույլ է տալիս նաև ինտերֆերոմետրի ուղիների ազդանշաններն առանձնացնել ինչպես ըստ ժամանակի, այնպես էլ ըստ հաճախության՝ առկայծումների հաճախային կորելացիայի տիրույթի սահմաններում:

V. G. PANAJIAN

ON THE APPLICATION OF THE TWO-CHANNEL PHASE-SWITCHING INTERFEROMETER

A possibility of crosscorrelation reduction of the interplanetary scintillation observation of compact radio sources is proposed. The method is based on the temporal division of the intensity of the radio source to two parts using the two channel phase-switching interferometer. The crosscorrelation reduction of the postdetector filtered output temporally separated signals of the channels allows to decrease the influence of the receiver gain instabilities, uncorrelated interference intensity level of an external and an apparatus origin as well as the noise of the galactic background.

ЛИТЕРАТУРА

1. *D. G. Banhatti et al*, Mon. Not. Roy. Astron. Soc. 205, 585, 1983.
2. *A. Hewish, S. J. Burnell*, Mon. Not. Roy. Astron. Soc. 150, 141, 1970.
3. *А. В. Пыжарь, В. А. Удальцов*, Астрон. ж., 58, 1117, 1981.
4. *P. J. Duffett-Smith*, Mon. Not. Roy. Astron. Soc. 177, 349, 1976.
5. *S. R. Spangler, J. M. Cordes*, Astron. J., 84, 1129, 1979.
6. *В. Г. Панаджян*, Сообщ. Бюраканской обс., 46, 88, 1975.
7. *В. Г. Панаджян*, Сообщ. Бюраканской обс., 42, 65, 1970.
8. *В. С. Аргюх*, Астрон. ж., 58, 208, 1981.
9. *A. C. S. Readhead, A. Hewish*, Mem. Roy. Astron. Soc. 78, 1, 1974.
10. *Г. Джекинс, Д. Барнс*, Спектральный анализ и его приложения, вып. 2, М., Мир 1972, с. 287.
11. *И. Н. Жук*, Радиоастрономическая аппаратура, 17-я Всесоюзная конференция Тезисы докладов, Ереван, 1985 г., с. 319.
12. *В. Г. Панаджян*, Изв. вуз-ов, Радиофизика, 28, 788, 1985.