

ИЗМЕРЕНИЕ ФАЗОВОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

А. П. ГРИГОРЬЕВ, И. И. КРИМКЕР, В. Е. ОГАРКОВ

(Представлена научным семинаром научно-исследовательского института
электронной микроскопии)

Теоретические и экспериментальные исследования компенсационного метода и устройства, применяемого до сих пор при измерении фазовой неоднородности магнитных полей бетатронов, показали [1], что точность и производительность процесса измерения не удовлетворяют возросшим требованиям бетатроностроения, поэтому целесообразна разработка новых, более точных методов измерения, позволяющих автоматизировать процессы измерения.

Указанные рекомендации были выполнены в предложенных нами устройствах [2, 3], позволяющих одновременно измерять величину и знак сдвига фаз между магнитными потоками на различных азимутах и производить автоматическую запись результатов измерений на ленте самопишущего прибора.

Ниже приводится описание нового варианта устройства, предназначенного для измерения фазовой неоднородности, имеющего ряд преимуществ по сравнению с известным [3].

Из рис. 1 видно, что по принципу построения измеритель представляет собой типичный двухканальный фазометр, в котором осуществляется преобразование фазового сдвига во временной интервал с последующим измерением пропорционального этому интервалу среднего тока [4, 5].

Существенное упрощение известных схем фазометров и возможность одновременного измерения величины и знака сдвига фаз между магнитными потоками без каких-либо дополнительных операций сравнения и переключения оказалось возможным благодаря весьма ценному свойству симметричного триггера с раздельным запуском через диодные клапаны: зависимости полярности выходных импульсов каскада от порядка (очередности) следования входных запускающих импульсов. Это поясняется рис. 2, на котором представлены диаграммы напряжений для случаев отставания (2, а, б) и определения (2, в, г) импульсов с измерительного датчика (подвижного) относительно импульсов с контрольного датчика; для обоих случаев приведены варианты состояния триггера 0 и 1, так как при включении схемы появление их равновероятно.

В схеме прибора на транзисторах T_1, T_6 собраны усилители ограничители снизу, что необходимо для получения коротких импульсов из достаточно широких импульсов датчиков ($\tau_d = 10 \div 30$ мксек); на T_2, T_5 — усилители, на T_3, T_4 — триггер и на T_7, T_8 — выходной балансный каскад.

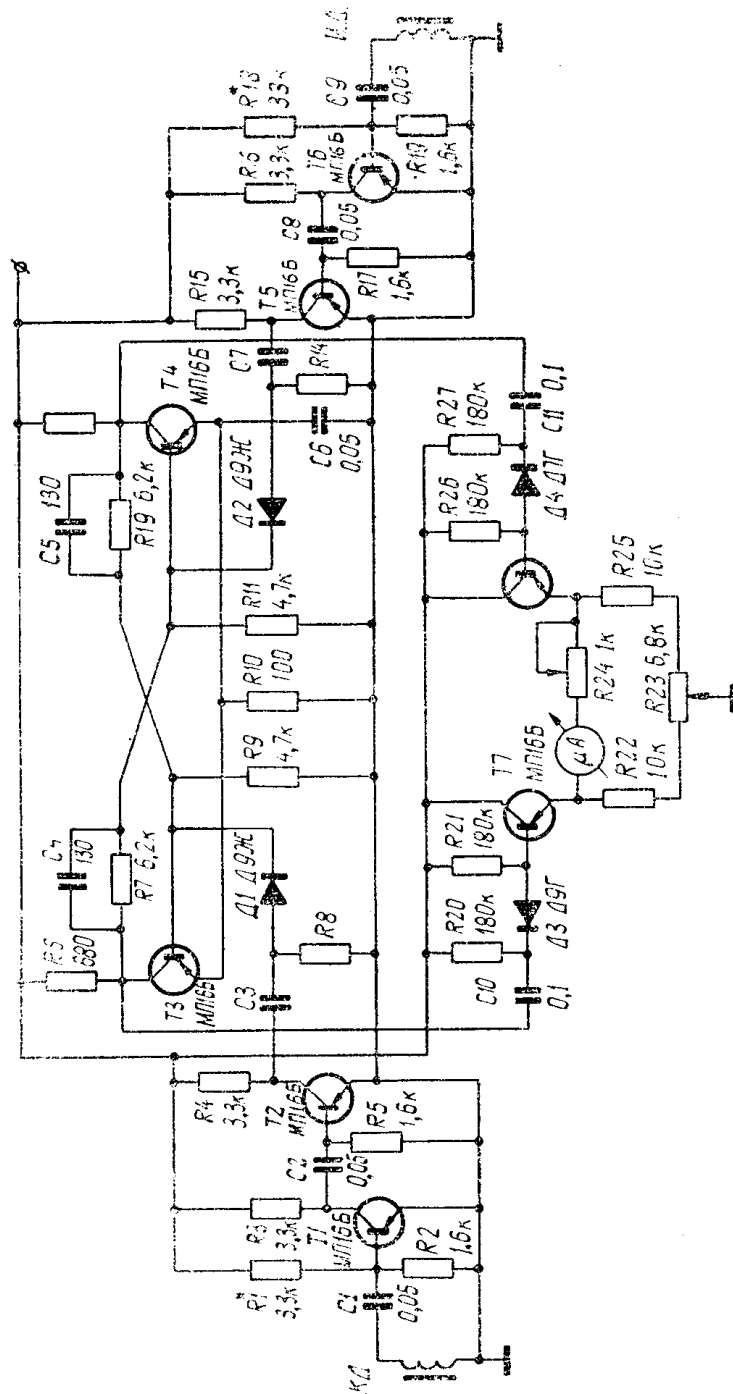


Рис. 1. Принципиальная схема.

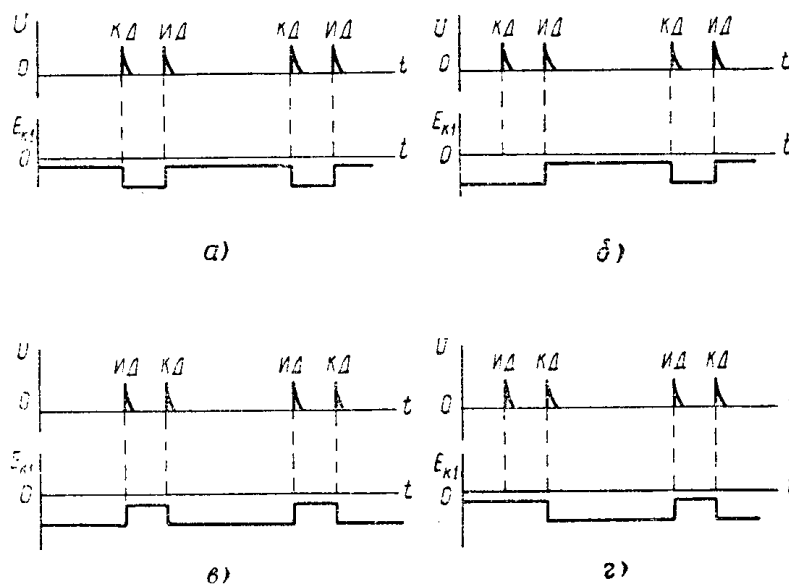


Рис. 2. Диаграммы напряжений.

Использование для запуска триггера вершин импульсов с датчиков позволяет формировать с его помощью импульсы с минимальной длительностью до 0,5 мксек. Экспериментальное исследование показало, что этот путь наиболее целесообразен, чем, например, применение ограничения сверху, с последующим дифференцированием и запуском триггера импульсами, соответствующими начальным участкам фронтов импульсов с датчиков, поскольку в последнем случае в показания прибора включается некоторая постоянная составляющая (систематическая погрешность), обусловленная разной длительностью импульсов с контрольного и измерительного датчиков

$$\Delta\tau = \frac{|\tau_{ид} - \tau_{кд}|}{2}. \quad (1)$$

Она может быть непосредственно определена по показаниям прибора в момент, когда датчики находятся на одном азимуте, и учитывается при измерениях следующим образом: если $\tau_{кд} > \tau_{ид}$, то при отставании импульса с измерительного датчика нужно добавлять величину $\Delta\tau$ к показаниям прибора, а при опережении — вычитать; и соответственно наоборот для случая $\tau_{кд} < \tau_{ид}$.

Тот же эффект, что и при использовании ограничения снизу, получается в случае, когда импульс с датчиков с начала дифференцируется, а затем ограничивается и усиливается.

Для автоматизации процесса измерения на выходе балансного каскада вместо стрелочного прибора (M265M) включается самописец, а измерительному диску с помощью привода придается равномерное вращение.

Таким образом, видно, что, используя предлагаемый измеритель, можно существенно повысить точность измерений, так как большая часть погрешностей компенсационного метода, перечисленных в [1], либо существенно уменьшается по величине, либо вовсе устраняется. В частности, устраняются погрешности из-за неточности установки измерительного диска, погрешности из-за наведенной в датчиках ЭДС и токов подпитки, погрешности градуировки датчиков, надобность в которой практически отпадает; замена осциллографа, используемого при компенсационном методе, прямопоказывающим прибором также позволяет уменьшить погрешность измерений почти на порядок.

При градуировке измерителя с помощью генератора калиброванных по длительности импульсов было найдено, что погрешность измерения составляет $0,2 \div 0,3$ мксек на шкале 20 мксек, т. е. составляет 1—1,5% (без учета методологических погрешностей). Проверка экспериментальных образцов прибора показала, что он легко настраивается и градуируется (шкала прибора линейная), а эксплуатация его на различных типах бетатронов показала высокую надежность и удобство в работе. Шкала прибора проградуирована в мксек, однако при необходимости она может быть проградуирована в единицах индукции магнитного поля, при этом шкала остается линейной вследствие малости измеряемых сдвигов фаз ($< 1^\circ$).

Габариты прибора $170 \times 160 \times 130$, вес 0,75 кг, питание от промышленной сети, потребляемая мощность 1 Вт.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. М. Ананьев, С. Ф. Василевский. Анализ погрешности и производительности компенсационного фазомагнетометра. Известия ТПИ, т. 180. Томск, Изд-во ТГУ, 1970.

2. А. П. Григорьев, В. Е. Огарков. Фазометр для измерения фазовой неоднородности магнитного поля. Авторское свидетельство № 312399 от 28 мая 1970.

3. А. П. Григорьев, В. Е. Огарков. Разработка схем управления и измерительной техники для ускорителей. Тезисы доклада Всесоюзной конференции. «Разработка и практическое применение электронных ускорителей». Томск, Изд-во ТГУ, 1972.

4. Р. А. Валитов и др. Радиотехнические измерения. М., «Советское радио», 1970.

5. Фазометр Ф2-4. Описание и инструкция по эксплуатации. Киев, 1969.
