

### КАЛИБРОВКА ГАЛЬВАНОГИРОМАГНИТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ПЛЕНОК

Преобразователи на основе ферромагнитных пленок имеют высокое быстродействие, хорошо воспроизводят огибающую импульса мощности и имеют малое внутреннее сопротивление [1], что позволяет после усреднения напряжения на гальваномагнитном преобразователе определить коэффициент преобразования как отношение среднего значения импульсной ЭДС, снимаемой с преобразователя, к среднему значению импульсной СВЧ-мощности. В этом случае отпадает необходимость в определении скважности, что повышает точность и удобство калибровки. Рассмотрим подробнее этот вид калибровки.

В общем случае напряжение на выходе преобразователя связано с импульсной мощностью функциональной зависимостью

$$U = U(P, \bar{P}, \dot{P}), \quad (1)$$

где  $P$  — среднее за период СВЧ значение потока мощности (мгновенное значение огибающей мощности);  $\dot{P}$  — первая производная по времени огибающей импульса мощности;  $\bar{P} = \frac{1}{T} \int_0^T P dt$  — среднее значение импульсной мощности;  $T$  — время усреднения. Нелинейность вольт-ваттной зависимости определяется нелинейностью магнитосопротивления, стабильными и нестабильными нелинейными явлениями при ферромагнитном резонансе. Среднее значение мощности изменяет температуру преобразователя, а вследствие температурной зависимости коэффициента преобразования и значение огибающей при заданной величине импульсной мощности. Производная мощности по времени может оказать влияние из-за инерционности как преобразователя, так и последующих отводящих цепей.

Так как калибровка производится при импульсной мощности с параметрами  $P_k, \bar{P}_k, \dot{P}_k$ , то целесообразно разложить функцию (1) в ряд Тейлора в точке калибровки  $U(t) = U(P_k, \bar{P}_k, \dot{P}_k) + \sum_{i=1}^n \frac{1}{i!} \left[ \frac{\partial}{\partial P} (P - P_k) + \frac{\partial}{\partial \bar{P}} (\bar{P} - \bar{P}_k) + \frac{\partial}{\partial \dot{P}} (\dot{P} - \dot{P}_k) \right]^i U(P, \bar{P}, \dot{P}) + R_n$ , где  $R_n$  — остаточный член разложения.

Первый член разложения позволяет составить уравнение калибровки, а последующие члены дают возможность учесть отличие условий измерения от условий калибровки. Тогда уравнение калибровки запишется как

$$U(t) = U(P_k, \bar{P}_k, \dot{P}_k). \quad (2)$$

Так как зависимость напряжения на преобразователе от составляющих импульсной СВЧ-мощности определяется различными эффектами, то функциональную зависимость (2) можно представить как произведение независимых функций

$$U(t) = \varphi(\bar{P}) \int_0^t \dot{P}_k(\Theta) g(t - \Theta) d\Theta, \quad (3)$$

где  $g(t)$  — передаточная характеристика преобразователя — реакция на единичное включение СВЧ-мощности. Передаточная функция  $g(t - \Theta)$  изменяется только в промежутке времени  $0 < (t - \Theta) < \tau_n$ , где  $\tau_n$  — постоянная времени преобразователя. Для преобразователя на основе ФМП эта постоянная времени составляет величину  $10^{-8}$ — $10^{-10}$  с. Поэтому для импульсов длительностью  $10^{-6}$ — $10^{-7}$  с передаточную характеристику можно считать постоянной, особенно в области вершины импульса. С учетом этого равенство (3) можно записать как

$$U(t) = kP_k, \quad (4)$$

где  $k = \varphi(\bar{P})g(t)$  — коэффициент преобразования.

Усреднив левую и правую части (4) за время  $T$ , получим

$$\frac{1}{T} \int_0^T U(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T kP_k dt, \quad \text{или} \quad U = k\bar{P}_k.$$

Тогда коэффициент преобразования гальваномагнитного преобразователя на основе ферромагнитной пленки можно определить как  $k = \bar{U}/\bar{P}_k$ . Этот коэффициент преобразования будет совпадать с коэффициентом преобразования собственно преобразователя для мгновенных значений  $k(t) = U(t)/P(t)$  в области вершины импульса и несколько отличаться на фронтах, длительностью меньше  $10^{-7}$ — $10^{-9}$  с. Таким образом, для получения коэффициента преобразования достаточно использовать микровольтметры постоянного тока и измерители средней мощности, имеющие одинаковые постоянные времени. В этом случае погрешность калибровки для импульсов длительностью больше  $10^{-5}$ — $10^{-6}$  с определится как  $\Delta_k = \sqrt{\Delta_u^2 + \Delta_p^2}$ , где  $\Delta_u$  — погрешность измерения среднего значения импульсного напряжения;  $\Delta_p$  — погрешность измерения среднего значения импульсной мощности.

Для исключения влияния паразитных сигналов измерение проводится дважды при противоположных направлениях подмагничивающего поля.

1. Вунтесмери В. С. Детектирование на основе гальваномагнитных явлений в ферромагнитных пленках.— Изв. вузов. Радиоэлектроника, 1976, 2, т. XIX, с. 39—45.

Поступила в редколлегию 25.02.82