

В. П. ЛЯННОЙ, В. М. ГЛУШЕНКО

ФАЗОВІ МОДУЛЯТОРИ ДЛЯ СХЕМ ФАЗОВИХ ВИМІРЮВАНЬ НА НВЧ

Для підвищення точності індикації екстремальних значень стоячої хвилі у вимірювальній лінії в одному з її плеч можна використати фазову модуляцію. Індикація мінімуму (або максимуму) здійснюється в цьому випадку за формою напруги, що спостерігається на екрані осцилографа. Цей метод є розвитком методу вимірювання КСХ, описаного в [1]. Фазова модуляція повинна здійснюватися

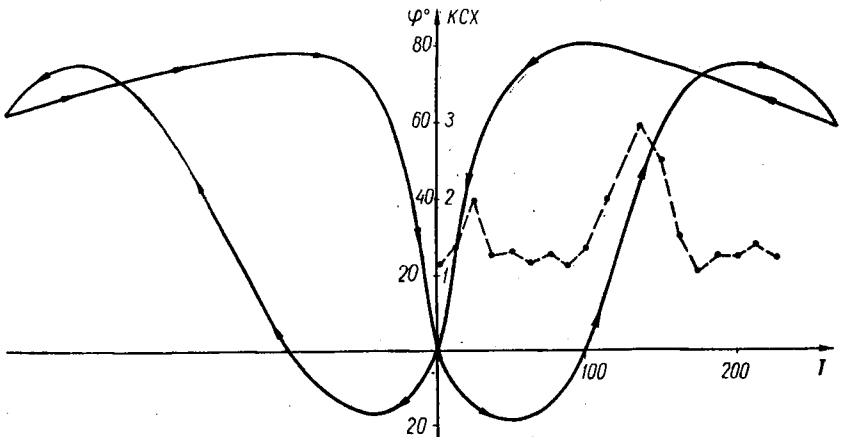


Рис. 1. Статична модуляційна характеристика феритового модулятора.

з малим рівнем паразитної амплітудної модуляції, без змін девіації фази і початкової фази НВЧ хвилі на виході модулятора, а фазовий модулятор повинен добре узгоджуватись з іншими вузлами вимірювальної схеми. Експериментальні дослідження показали, що невиконання цих вимог приводить до неточної установки зонда вимірювальної лінії і до появи додаткових похибок.

Розглянемо результати дослідження фазового модулятора на прямокутному хвилеводі з циліндричним феритовим стержнем, що

підмагнічувався поздовжнім магнітним полем. Статична модуляційна характеристика модулятора наведена на рис. 1. Там же показана залежність КСХ в лінії, в яку включено модулятор, від довжини модульованої хвилі.

Як видно з графіка узгодження феритового фазового модулятора в діапазоні хвиль при різних струмах підмагнічування (рис. 2), присутність феритового стержня обумовлює великий КСХ у виміральному тракті. Різка зміна КСХ спостерігається при тих же вели-

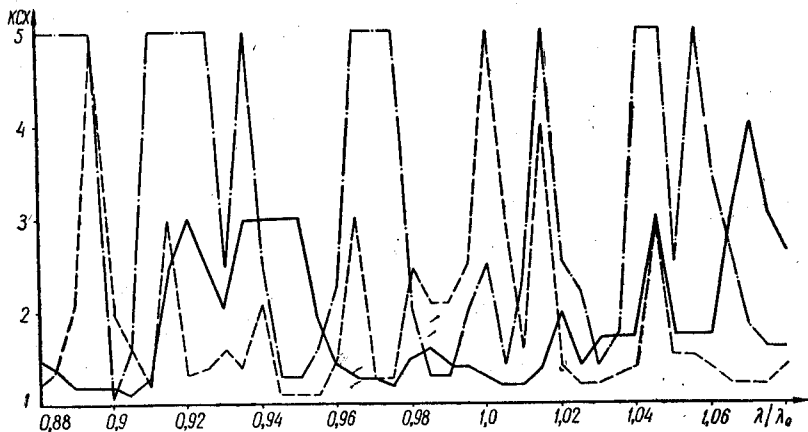


Рис. 2. Залежність КСХ феритового модулятора від довжини модульованої хвилі:

— без підмагнічування; — — — 1 підмагнічування = 100 ма; — · — · 1 підмагнічування = 50 ма.

чинах підмагнічуючого струму, при яких відбувається різка зміна фази на виході фазового модулятора, тобто в робочій області. Це приводить до появи небажаної паразитної амплітудної модуляції.

Внаслідок гістерезисних явищ у фериті (рис. 1) закон зміни фази не відповідає закону зміни підмагнічуючого струму.

До недоліків феритового фазового модулятора слід віднести також і нестабільність його фазових характеристик у часі. На рис. 3 показано графік зміни початкової фази НВЧ хвилі на виході фазового модулятора при повторних вмиканнях керуючого магнітного поля. Кожне наступне вмикання робилось через 5 хв після вимкнення. Всі інші вузли схеми не регулювались. Величина підмагнічуючого струму залишалась при цьому незмінною.

Внаслідок залежності $\Delta\varphi_0 = f(t)$ результати фазових вимірювань не повторюються. Похибки цього виду ілюструють фазові характеристики атенюатора ГА-Э346, зняті в схемі з феритовим фазовим модулятором у різний час за сталих умов (рис. 3).

Результати досліджень сегнетоелектричних фазових модуляторів показали, що вони не дають чисто фазову модуляцію [2]. Остання супроводжується в них глибокою паразитною амплітудною

модуляцією, оскільки затухання сегнетоелектричних вставок дуже залежить від величини керуючої напруги. Узгодження сегнетоелектричних пробок у широкій смузі частот здійснити важко.

Була експериментально перевірена можливість застосування у вимірювальних схемах модуляторів, дія яких основана на зміні

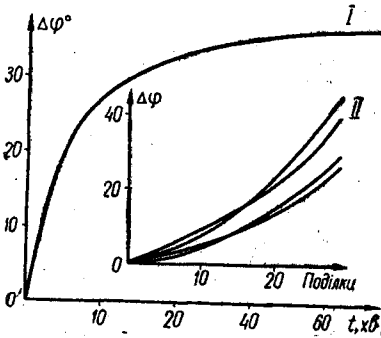


Рис. 3. Зміна початкової фази на виході феритового модулятора в часі (I) в порівнянні з фазовими характеристиками стандартного атенюатора (II), знятими в різний час.

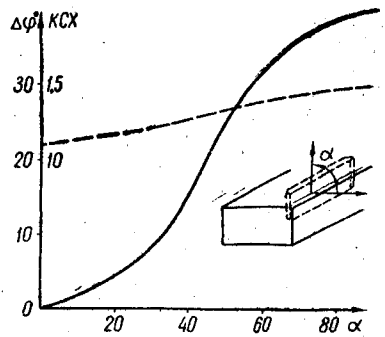


Рис. 4. Зміна фази на виході хвилевідної ділянки при обертанні в ньому навколо осі хвилеводу полістиролової пластини.

фазової сталої хвилевідної ділянки при внесенні в неї діелектрика з величиною діелектричної проникності, що відрізняється від діелектричної проникності повітря. Діелектрик вносився або через щі-

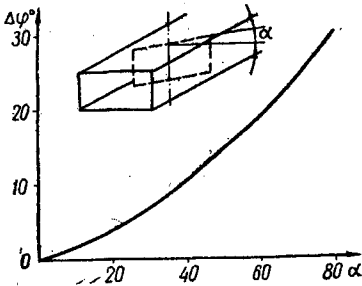


Рис. 5. Зміна фази на виході хвилевідної ділянки при обертанні в ньому полістиролової пластини навколо осі, перпендикулярної до широкій стінки хвилеводу.

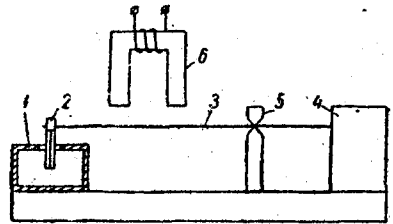


Рис. 6. Вібраційний фазовий модулятор:

1 — хвилевідна ділянка; 2 — пластина; 3 — пружина; 4 — нерухомий упор; 5 — рухомий упор; 6 — електромагніт.

лину, прорізану вздовж широкої стінки хвилеводу з хвилею типу H_{10} , або зміною орієнтації пластини відносно електричного поля хвилі.

Модулятор з пластиною з полістиролу, що обертається навколо осі хвилеводу, працює задовільно, якщо не потрібна висока стабільність модулюючої частоти.

На рис. 4 зображено залежність зсуву фази НВЧ хвилі на виході хвилевідної ділянки в залежності від кута повороту полістиролової пластини, вміщеної всередині хвилеводу.

У реальному модуляторі такого типу пластинка обертається струменем повітря [1]. Недолік такого модулятора — порівняно низька стабільність і частота модуляції (15—20 гц), рівень КСХ в лінії з таким модулятором змінюється в межах 1,2—1,4.

Для підвищення модулюючої частоти та її стабільності було виготовлено модулятор, в якому полістиролова пластинка розмірами $1,5 \times 7 \times 16$ мм оберталась, як показано на рис. 5. Проте такий модулятор не дозволяє добитися великих девіацій фази, оскільки розміри пластинки обмежені розмірами поперечного перерізу хвилеводу. Рівень паразитної амплітудної модуляції тут трохи вищий порівняно з попереднім. Слід зауважити, що для окремих зразків спостерігалось повне відбивання хвилі від пластини при певній орієнтації пластини всередині хвилеводу.

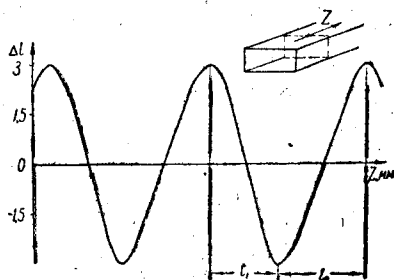


Рис. 7. Залежність зсуву фази, що вноситься діелектричною пробкою, від її положення в хвилеводі з стоячою хвилею.

Найкращі результати показав фазовий модулятор, в якому фазова постійна хвилевідної ділянки змінюється діелектричною пластинкою, що вноситься через щілину, прорізану вздовж осі широкій стінки прямокутного хвилеводу з хвилею типу H_{10} . Конструкція модулятора схематично зображена на рис. 6. Положення пластини 2 змінюється коливним рухом пружини 3. Останню приводить в рух електромагніт 6, через котушки якого пропускається струм модулюючої частоти.

Фазовий модулятор повинен працювати в біжучій хвилі, оскільки при наявності стоячих хвиль величина початкової фази залежить від положення пластини модулятора відносно максимумів поля стоячої хвилі. У процесі вимірювань картина поля стоячої хвилі рухається відносно пластини, а це може привести до значних похибок вимірювань. На рис. 7 наведена залежність зсуву фази, який вноситься діелектричною пластинкою при переміщенні її вздовж осі хвилеводу з стоячою хвилею. Ця залежність повністю узгоджується з наведеними вище міркуваннями. Можливості і переваги фазового модулятора вібраційного типу в порівнянні з розглянутими раніше модуляторами можна сформулювати таким чином:

1. Повна відсутність паразитної амплітудної модуляції в широкій смузі НВЧ частот, оскільки величина КСХ не перевищує 1,1 при повному зануренні пластини в хвилевід.

2. Можливість одержання великих девіацій фази. Наприклад, при розмірах полістиролової пластини $130 \times 8 \times 2$ мм були одержані девіації фази порядку $\pm 300^\circ$.

3. Можливість перестройки частоти механічного резонансу (в даному випадку перестройку можна було здійснювати в межах ± 10 гц відносно середньої частоти 50 гц).

При зменшенні девіації фази, тобто при зменшенні розмірів полістиролової пластини, межі перестройки значно збільшуються.

4. Можливість регулювання величини девіації фази зміною амплітуди модулюючого струму. Внаслідок високої добротності механічної коливної системи (сотні одиниць) величина модулюючого струму виявляється малою, що дозволяє здійснювати модуляцію від звичайного звукового генератора.

ЛІТЕРАТУРА

1. К а с а т к и н Л. В., П о з е н Н. Л., Автоматическая линия для измерения коэффициента отражения в диапазоне сантиметровых волн, Известия вузов СССР — Радиотехника, 1961, 4, 3, 354.

2. П о п л а в к о Ю. М., Сегнетоэлектрик с управляемой диэлектрической проницаемостью в волноводе, Радиотехника, 1963, т. 18, № 10.

V. P. LYANNOY, V. N. GLUSHENKO

PHASE MODULATORS FOR MICROWAVE PHASE MEASUREMENTS

S u m m a r y

The results of experimental investigation and some construction of phase modulators for phase measurements are given. The construction which permits to realise phase modulation with phase deviation of about $\pm 300^\circ$, sine law of phase change and low level of undesired amplitude modulation is proposed.