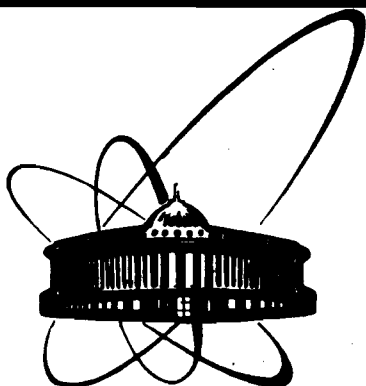


89-884



**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

A 695

13-89-884

В. Н. Аносов, Г. П. Лещенко, В. П. Саванеев

**ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ
КОМПАРАТОРА С ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ**

1989

При проектировании и оптимизации работы магнитных компараторов постоянного тока (МК) с импульсной магнитной модуляцией (ИММ) такие параметры устройства, как марка и тип магнитного материала, геометрические размеры сердечника, толщина ленты, частота модуляции, могут быть выбраны исходя из статических параметров магнитного материала^{1,2}. Однако МК с ИММ работает в динамическом режиме перемагничивания однополярными импульсами модуляции по частному или полному циклу петли гистерезиса. В этих устройствах максимальный уровень модуляции выбирается исходя из диапазона измеряемого тока и может достигать величины в несколько сотен или тысяч ампервитков. Один и тот же уровень модуляции может быть получен при различных формах импульса возбуждения, например, прямоугольной (трапецеидальной), треугольной, синусоидальной. Поэтому остается открытым вопрос о том, какой форме импульсов модуляции отдать предпочтение.

Основным критерием для выбора параметров и оптимизации МК с ИММ может служить величина потерь мощности в магнитопроводе устройства при работе по полной и частной петле гистерезиса. Энергия потерь в сердечнике, при возбуждении его однополярными импульсами большой амплитуды, выделяется в виде тепла и при определенных условиях может привести к заметному нагреванию сердечника и вследствие этого к значительному изменению характеристик МК с ИММ.

Важными показателями в оценке работы устройства является максимальная рабочая частота модуляции f_{\max} при работе по полному циклу петли гистерезиса и характер изменения формы выходных импульсов (τ и $e_{\text{вых}}$) при изменении напряжения питания $E_{\text{п}}$ схемы модуляции, частоты модуляции $f_{\text{м}}$, сопротивления генератора модуляции $R_{\text{г}}$, толщины ленты магнитопровода $2a$.

В связи с этим представляет определенный интерес уточнение выбранных из статических характеристик параметров по динамическим характеристикам работы МК с ИММ. С этой целью использована методика расчета, изложенная в^{3,4}.

Расчетная схема МК с ИММ изображена на рис.1а. Параметры магнитного сердечника, обмоток и источников модуляции следующие: материалы сердечника 79 НМ, толщина ленты 50 ± 200 мкм, внешний диаметр магнитопровода $D = 65$ мм, внутренний диаметр $d = 55$ мм, высота $h = 5$ мм, число витков в обмотках $W_{\text{в}} = W_{\text{вых}} = 500$ (ПЭВ-2, $\phi 0,21$), $W_{\text{к}} = 2000$ (ПЭВ-2, $\phi 0,62$), $W_{\text{п}} = 1$,

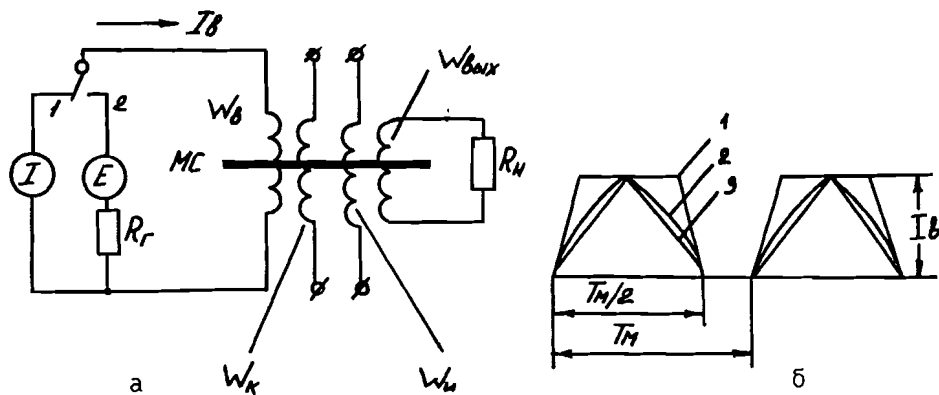


Рис. 1

$E = 50 \div 200$ В, $R_H = 1 \div 100$ кОм, $I_{B \max} = 1,5$ А, $I_{B \min} = 0,4$ А, $J_{K \max} = 0,3$ А.

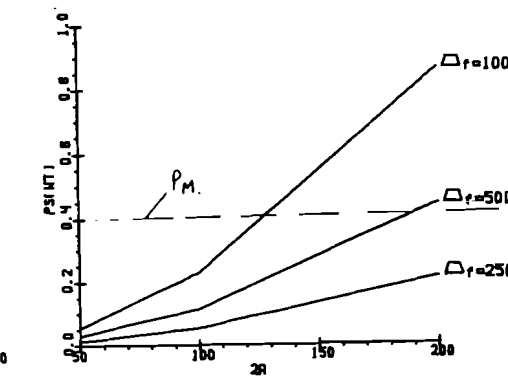
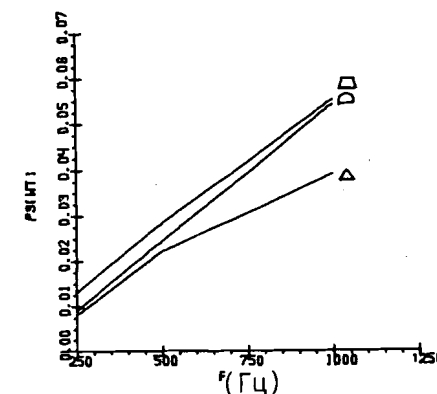
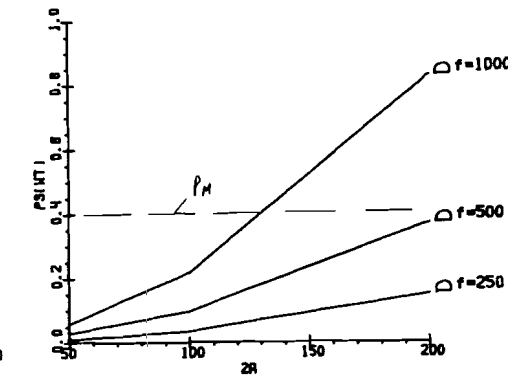
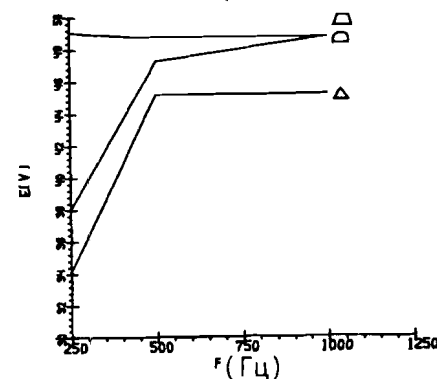
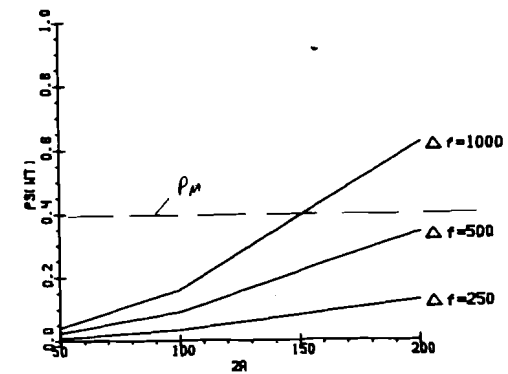
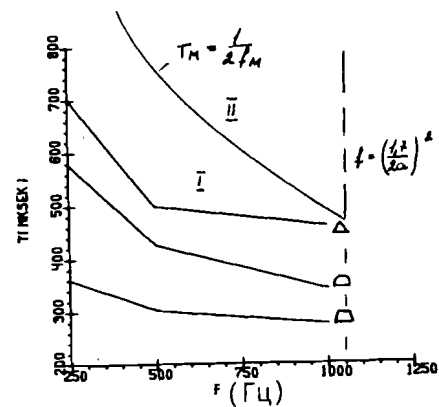
В процессе расчета для оптимизации режимов работы устройства менялись частота модуляции f_M , форма импульсов модуляции (рис.1б), значение напряжения питания E , номинал резистора нагрузки R_H , толщина ленты магнитопровода $2a$. Критериями для подбора оптимальных параметров устройства служат:

- получение возможно меньших потерь на гистерезис и вихревые токи в магнитопроводе;

- обеспечение возможности перемагничивания магнитопровода, связанной с появлением падающих участков в выходной характеристике МК с ИММ^{15/1} за время, меньшее $T_M/4$. Оценка влияния параметров велась при работе устройства по полному циклу и частному циклу петли гистерезиса. Расчет проводился для трех возможных форм импульсов модуляции (рис.1б), трапецеидальной, треугольной и синусоидальной. Источник модуляции принимался при перемагничивании по полному циклу петли гистерезиса, источником напряжения, при перемагничивании по частному циклу петли гистерезиса источником тока.

На рис.2 приведены расчетные графики функций при работе МК с ИММ по полному циклу петли гистерезиса. Прямые пунктирные линии показывают максимально возможные потери в меди (P_M) обмоток W_K и W_B устройства. По расчетным данным полного цикла петли гистерезиса (режим заброса тока) были сделаны следующие выводы:

1. Для одной и той же формы импульсов модуляции изменение сопротивления источника модуляции R_r в шесть раз и сопротивления нагрузки входной обмотки R_H в сто раз изменяет параметры импульсов с входных обмоток (τ и $e_{\text{вых}}^{\max}$) и значение потерь в маг-



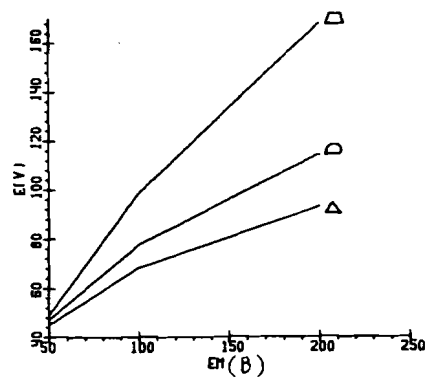
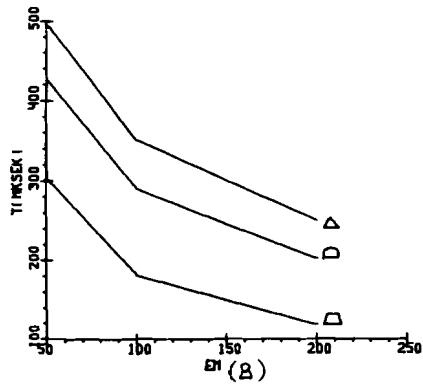
$F = 500$ Гц
 $2a = 50$ мм
 $R_H = 1000$ Ом

а

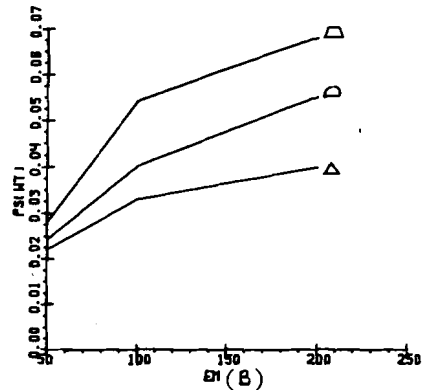
$R_H = 1000$ Ом
 $E_{\text{п}} = 50$ В

б

Рис. 2



В



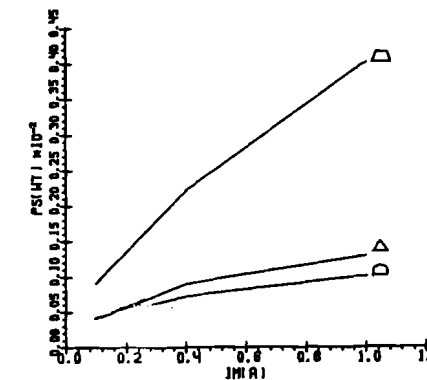
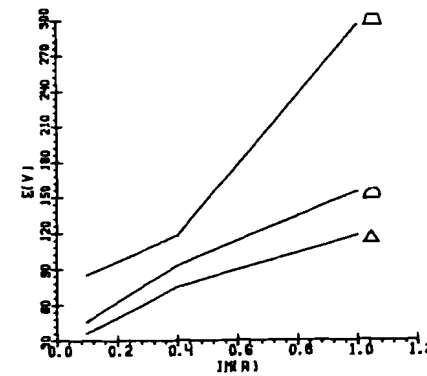
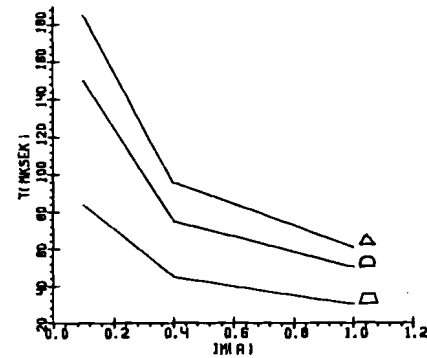
$E = 50 \text{ В}$
 $2a = 50 \text{ мкм}$
 $R_h = 1000 \text{ Ом}$

Рис. 2

нитопроводе $\rho_{\Sigma}^{\text{ср.}}$ на величину $\pm(5 \div 15)\%$. (Графики функций прямые). Поэтому при проектировании схем МК с ИММ изменение величины R_{Γ} и R_H в этих пределах может не учитываться.

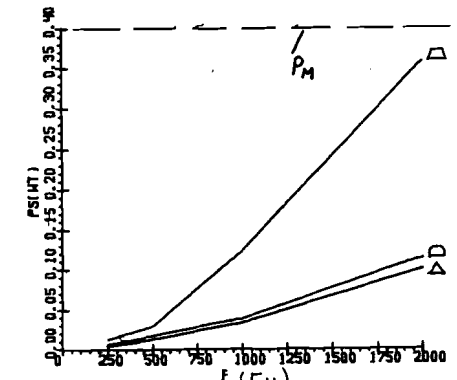
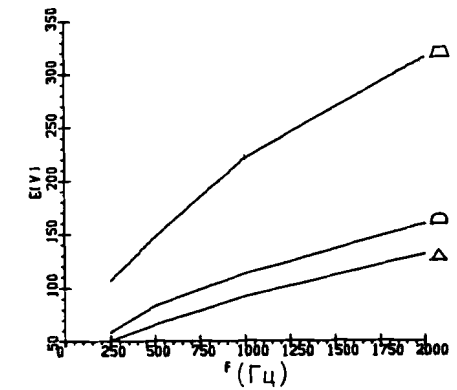
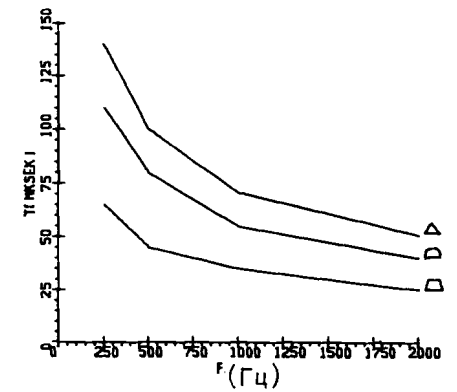
2. При определенных соотношениях $2a$, f_M и форме импульсов модуляции потери в магнитопроводе превышают потери в меди обмоток устройства (рис. 2б). При одних и тех же значениях R_{Γ} и R_H величины τ ; $e_{\text{вых}}^{\text{max}}$ и $\rho_{\Sigma}^{\text{ср.}}$, взятые для самой распространенной толщины ленты магнитопровода $2a = 50 \text{ мкм}$, и трех формах импульсов модуляции отличаются друг от друга на величину $> \pm 100\%$ (рис. 2а, в). Форма импульсов модуляции оказывает существенное влияние на выходные параметры импульсов с обмоток МК и потери в магнитопроводе. При проектировании схем МК с ИММ желательно брать в качестве формы импульсов модуляции импульсы, имеющие невысокую скорость нарастания переднего фронта (треугольную, либо синусоидальную).

3. Для выбранных значений U_H , $2a$, R_H , R_{Γ} и формы импульсов модуляции возможно определение рабочей области частот I рис. 2а.



а

$F = 500 \text{ Гц}$
 $2a = 50 \text{ мкм}$
 $R_h = 1000 \text{ Ом}$



б

$I(\text{max}) = 0,4 \text{ А}$
 $2a = 200 \text{ мкм}$
 $R_h = 1000 \text{ Ом}$

Рис. 3

Область I ограничена справа линией $f = (1,7/2a)^2$, обеспечивающей равномерное намагничивание для лент из материала 79НМ¹⁵¹. Сверху область ограничена кривой $\tau = T_M/2$, позволяющей избежать появления падающих участков в выходной характеристике устройства.

4. По результатам расчетов для полного цикла зависимость $\tau(2a) \approx \text{const}$ и $e_{\text{Вых}}^{\text{max}}(2a) \approx \text{const}$ при $f_M = \text{const}$. Для "сильных" полей возбуждения $H_{K.CT}(t)$ зависимость параметров выходных импульсов от толщины ленты может не учитываться.

На рис.3 приведены расчетные графики функций при работе МК с ИММ по частному циклу петли гистерезиса (рабочий режим). Результаты расчетов позволили сделать следующие выводы:

1. Для выбранных значений I_B , $f_M = 500$ Гц, $2a = 50$ мкм и $R_H = 1$ кОм параметры импульсов с выходных обмоток ($e_{\text{Вых}}^{\text{max}}$ и τ) существенным образом зависят от выбранной формы импульсов модуляции. Потери в магнитороде имеют небольшую величину порядка $(0,05 \pm 0,40) \cdot 10^{-2}$ Вт, рис.3а.

2. При частотах модуляции $f_M = 1000 \div 2000$ Гц и толщине ленты магнитопровода $2a = 200$ микрон, трапецеидальной форме импульсов, величина потерь в магнитопроводе достигает $P_{\Sigma}^{\text{CP}} \approx 0,358$ Вт (рис.3б), что сравнимо с потерями в меди ($P_M = 0,4$ Вт) устройства. Поэтому такое сочетание параметров является нежелательным для МК с ИММ.

Уточнение параметров МК с ИММ по расчетным динамическим характеристикам, согласно перечисленным выше рекомендациям, позволило улучшить долговременную (~ 8 часов) стабильность параметров устройства с ± 6 мА (трапецеидальная форма импульсов модуляции) до ± 3 мА (синусоидальная форма импульсов модуляции). Параметры были выбраны следующие: 79 НМ, $f_M = 500$ Гц, $2a = 50$ мкм, $J_{\text{max}} = 1,5$ А, $J_{\text{min}} = 0,4$ А.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахманова Л.Н. и др. - ОИЯИ, 13-81-806, Дубна, 1981.
2. Саванеев В.П. - ОИЯИ, 13-65-844, Дубна, 1985.
3. Аносов В.Н., Саванеев В.П. - ОИЯИ, 13-88-497, Дубна, 1988.
4. Аносов В.Н., Саванеев В.П. - ОИЯИ, 13-88-816, Дубна, 1988.
5. Саванеев В.П. - ОИЯИ, 13-88-496, Дубна, 1988.

Рукопись поступила в издательский отдел
29 декабря 1989 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

| | | |
|----------------|---|-------------|
| Д13-84-63 | Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983. | 4 р. 50 к. |
| Д2-84-366 | Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984. | 4 р. 30 к. |
| Д1,2-84-599 | Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984. | 5 р. 50 к. |
| Д17-84-850 | Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. (2 тома) | 7 р. 75 к. |
| Д11-85-791 | Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985. | 4 р. 00 к. |
| Д13-85-793 | Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985. | 4 р. 80 к. |
| Д4-85-851 | Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1985. | 3 р. 75 к. |
| Д3,4,17-86-747 | Труды V Международной школы по нейтронной физике Алушта, 1986. | 4 р. 50 к. |
| — | Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984. (2 тома) | 13 р. 50 к. |
| Д1,2-86-668 | Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. (2 тома) | 7 р. 35 к. |
| Д9-87-105 | Труды X Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1986. (2 тома) | 13 р. 45 к. |
| Д7-87-68 | Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Дубна, 1986. | 7 р. 10 к. |
| Д2-87-123 | Труды Совещания "Ренормгруппа - 86". Дубна, 1986. | 4 р. 45 к. |
| Д4-87-692 | Труды Международного совещания по теории малочастичных и кварк-адронных систем. Дубна, 1987. | 4 р. 30 к. |
| Д2-87-798 | Труды VIII Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1987. | 3 р. 55 к. |
| Д14-87-799 | Труды II Международного симпозиума по проблемам взаимодействия мюонов и пионов с веществом. Дубна, 1987. | 4 р. 20 к. |
| Д17-88-95 | Труды IV Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1987. | 5 р. 20 к. |