

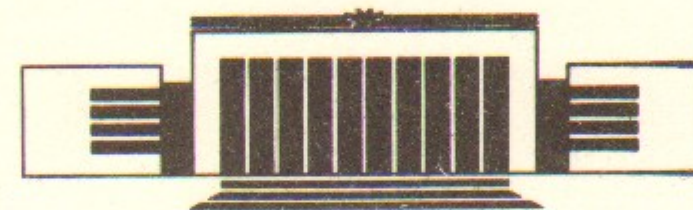


22
ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СО АН СССР

Б.И. Гришанов, Б.П. Долгих,
И.В. Казарезов, В.Ф. Фогель

ИССЛЕДОВАНИЕ ИМПУЛЬСНЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК ЛЕНТОЧНЫХ
МАГНИТОПРОВОДОВ ИЗ ТОНКОЙ
ТРАНСФОРМАТОРНОЙ СТАЛИ

ПРЕПРИНТ 88-41



НОВОСИБИРСК

Исследование импульсных характеристик
ленточных магнитопроводов
из тонкой трансформаторной стали

*Б.И. Гришанов, Б.П. Долгих,
И.В. Казарезов, В.Ф. Фогель*

Институт ядерной физики
630090, Новосибирск 90, СССР

АННОТАЦИЯ

Описана принципиальная схема установки и результаты исследований в микросекундном диапазоне импульсных характеристик магнитопроводов из ленты стальной электротехнической толщиной 30 и 80 мкм с электроизоляционным покрытием. Исследовано влияние технологических факторов на импульсные характеристики магнитопроводов.

Для питания импульсных источников СВЧ-комплекса ВЛЭПП [1] возникла потребность в генераторах прямоугольных импульсов гигаваттной мощности напряжением 500 кВ длительностью 0,8 мкс; наряду с другими вариантами была рассмотрена возможность создания такого генератора на базе модулятора с повышающим импульсным трансформатором.

Один из важнейших параметров мощных импульсных трансформаторов (ИТ) — к.п.д. — определяется потерями на перемагничивание магнитопровода, которые зависят от выбранного материала, его толщины, качества межвитковой изоляции и технологии изготовления магнитопровода [2].

Как указано в [3], для магнитопроводов, выполненных из лент толщиной десятки мкм, в микросекундном диапазоне потери на перемагничивание обусловлены, наряду с действием вихревых токов, магнитной вязкостью материала и несовершенством межслоевой изоляции. В связи с невозможностью корректного аналитического учета потерь в магнитопроводе проектированию ИТ предшествовали работы по исследованию импульсных характеристик магнитопроводов в микросекундном диапазоне.

Широко используемым материалом для магнитопроводов ИТ является пермаллой [2, 3]. Но выпуск его ограничен, он дорог, а технология изготовления магнитопроводов весьма трудоемка. В настоящее время отечественной промышленностью освоен выпуск ленты стальной электротехнической марок 3425, 3424, 3423 и 3422 по ГОСТ 14274-78 с жаростойким изоляционным покрытием. Минимальная толщина ленты с покрытием, освоенной в массовом производстве, составляет 80 мкм.

Предприятием-изготовителем по специальному заказу была выпущена опытная партия ленты с электроизоляционным покрытием толщиной 30 мкм и шириной 32 мм.

Экспериментальное исследование импульсных характеристик магнитопроводов из ленты толщиной 30 и 80 мкм проводилось на тороидальных сердечниках при длительности импульса около 1 мкс; изучалось также влияние различных технологических операций (намотка, отжиг, пропитка) на свойства магнитопровода.

С этой целью был собран модулятор на тиратроне ТГИ1-2500/50 и формирующей линии ФЛ, с волновым сопротивлением ρ , выполненной на малоиндуктивных высоковольтных конденсаторах К15-10 4700/50 со специальной заливкой, позволяющей

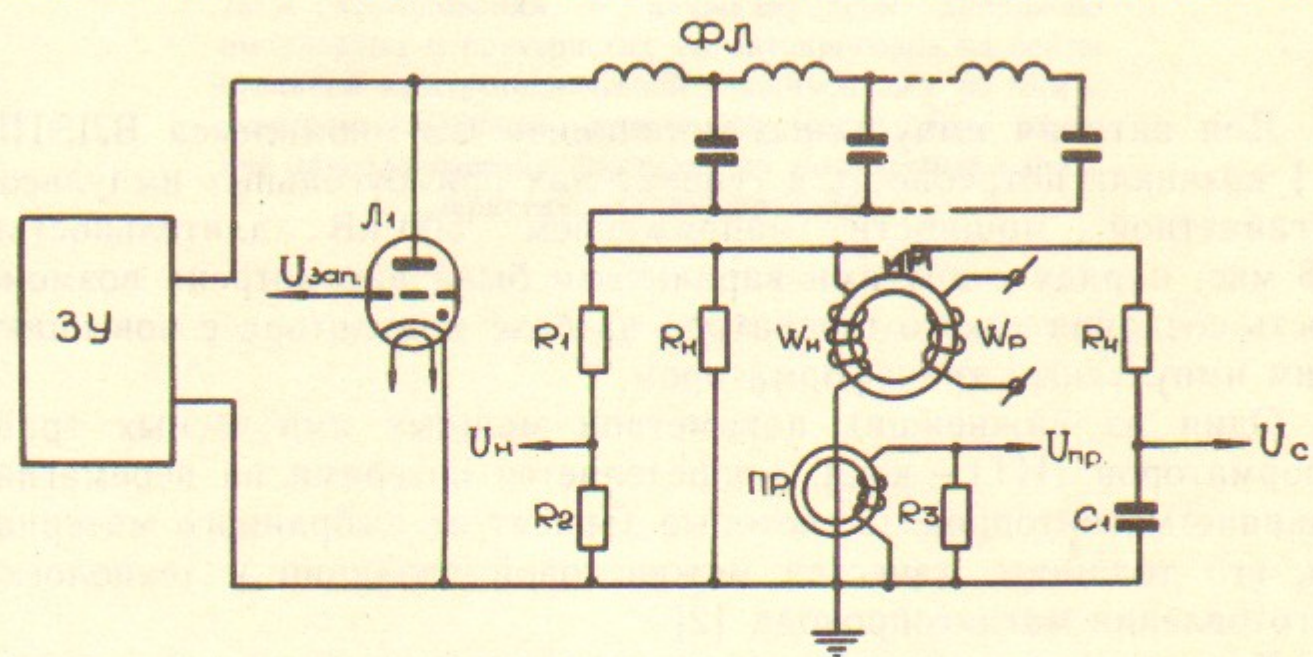


Рис. 1. Принципиальная схема установки для исследования импульсных характеристик магнитопроводов: Л₁—тиратрон ТГИ1-2500/50; ЗУ—зарядное устройство; ФЛ—формирующая линия; ИМ—исследуемый магнитопровод; ПР—пояс Роговского.

работать на воздухе при напряжении до 50 кВ. Схема установки приведена на рис. 1.

Питание модулятора осуществлялось от высоковольтного регулируемого импульсного зарядного устройства ЗУ. Нагрузкой модулятора ФЛ служило активное сопротивление $R_n = \rho = 1,35$ Ом, импульсное напряжение на нагрузке U_n , по форме близкое к прямоугольному, измерялось активным делителем R_1, R_2 . Параллельно нагрузке подключалась обмотка исследуемого магнитопровода ИМ, имеющего W_n витков. Подключение ИМ не влияло на величину и форму напряжения по нагрузке из-за низкого волнового сопротивления ФЛ модулятора. Намагничивающий ток I_n измерялся

поясом Роговского ПР. Приращение индукции B рассчитывалось по формуле

$$\Delta B = \frac{\int U_n dt}{S_{ст} W_n},$$

где $S_{ст}$ —сечение исследуемого магнитопровода. Величина $\int U_n dt$ определялась с помощью интегрирующей $R_3 C_1$ цепочки. Максимальное значение напряженности магнитного поля

$$H_{max} = \frac{I_{n max} W_n}{l_{cp}},$$

где l_{cp} —длина средней линии магнитопровода. Для лучшего использования магнитопровода последний подвергался размагничиванию перед каждым импульсом, для чего на обмотку размагничивания W_p подавался импульс тока. Его величина и длительность подбирались опытным путем.

На рис. 2 приведены осциллограммы импульсов напряжения на нагрузке U_n , намагничивающего тока I_n и напряжения на емкости C_1 для стальной ленты толщиной 80 мкм. Приведенные осциллограммы соответствуют величине приращения индукции $\Delta B = 2$ Т и напряженности поля $H_n = 4,5$ кА/м для $W_n = 1$.

Для разных зарядных напряжений на ФЛ снимались зависимости ΔB от H_{max} для ленты толщиной 30 и 80 мкм на опытных сердечниках с малыми значениями сечения, длины средней линии и относительной толщины намотки ($S_{ст} = 3$ см², $l_{cp} = 0,3$ м, $\Delta R/R = 0,1$).

Результаты измерений приведены на рис. 3. Согласно приведенным данным, для приращения индукции $\Delta B = 2$ Т величина напряженности намагничивающего поля составляет 4,5 и 1,5 кА/м для толщины ленты 30 и 80 мкм, соответственно.

На опытных образцах исследовалось влияние технологических факторов на импульсные характеристики сердечников: повторный отжиг, пропитка различными составами (эпоксидным компаундом, клеем БФ-2, лаком КО-916). Практически не замечено влияния технологических факторов на характеристики магнитопроводов указанных размеров.

На основании проведенных исследований был разработан и изготовлен магнитопровод из ленты толщиной 80 мкм и шириной 32 мм, имеющей $l_{cp} = 2,6$ м и $S_{ст} = 120$ см², для мощного высоковольтного импульсного трансформатора. Сердечник состоял из

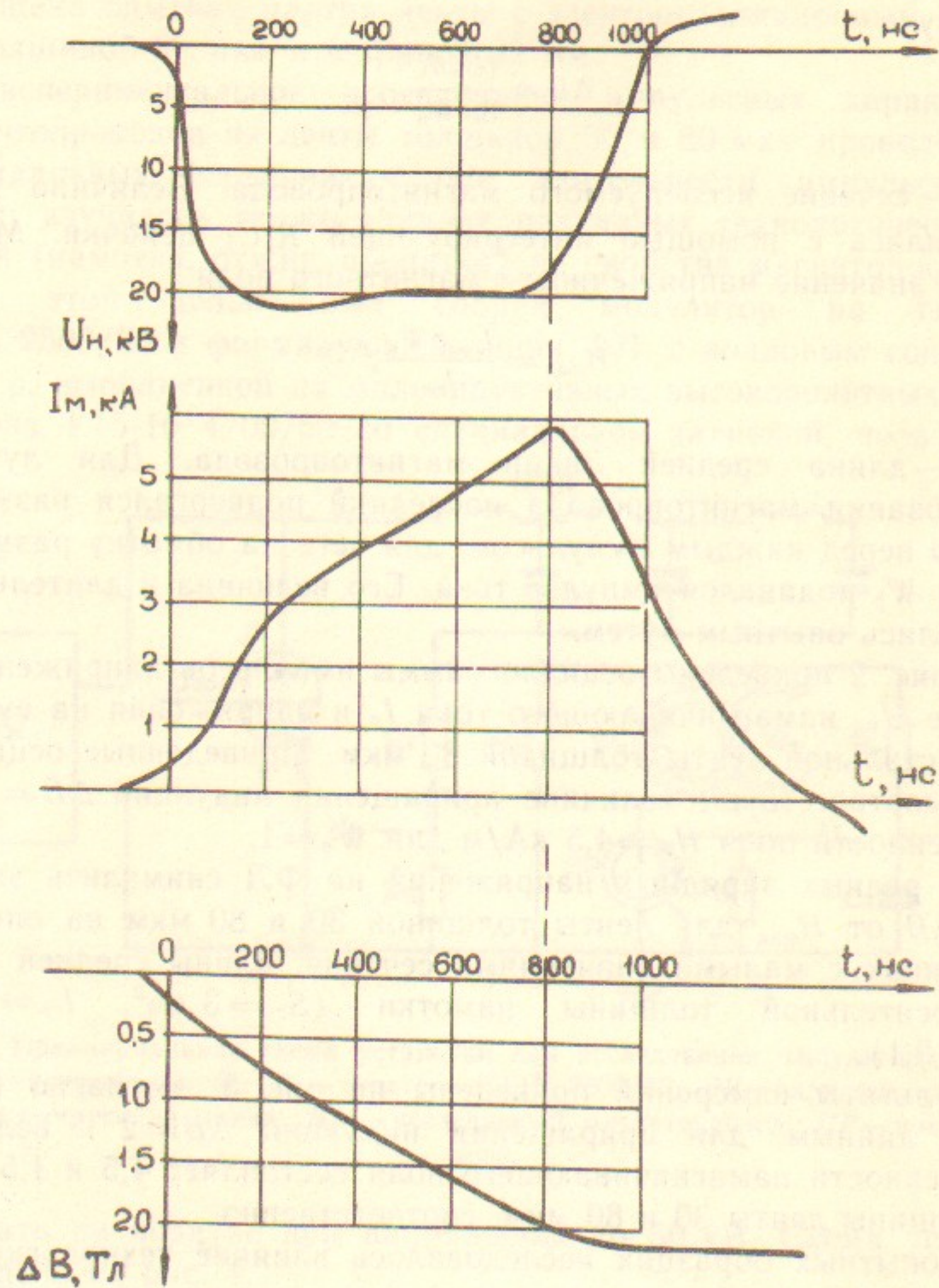


Рис. 2. Осциллограммы импульсов напряжения на нагрузке U_n , намагничивающего тока $I_{n \max}$ и приращения индукции ΔB .

четырёх секций, каждая из которых после намотки и отжига пропитывалась эпоксидным компаундом; в дальнейшем секции склеивались между собой через изоляционные прокладки.

Импульсные характеристики отдельных секций и магнитопровода в сборе с точностью до 5—10% совпадали между собой и были идентичны характеристикам опытного сердечника (рис. 3).

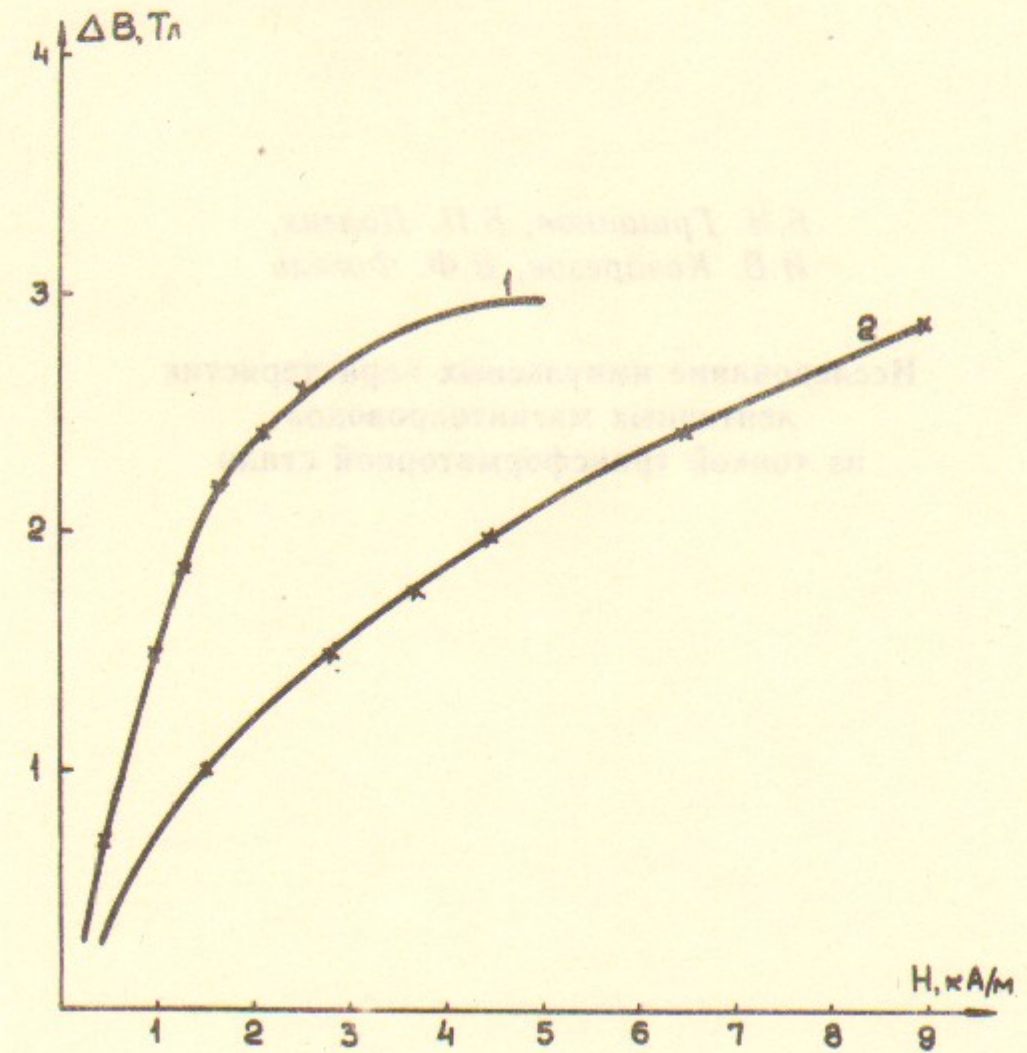


Рис. 3. Зависимость приращения индукции ΔB от напряженности поля H для трансформаторной стали толщиной 30 мкм (1) и 80 мкм (2) для $t_n = 0,8$ мкс.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балакин В.Е., Будкер Г.И., Скринский А.Н. О возможности создания установки со встречными электрон-позитронными пучками.— В кн.: Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1978. Дубна, 1979, т.1, с.27—34.
2. Вдовин С.С. Проектирование импульсных трансформаторов.— Л.: Энергия, 1971.
3. Вахрушин Ю.П., Анацкий А.И. Линейные индукционные ускорители.— М.: Атомиздат, 1979.— 245 с.

*Б.И. Гришанов, Б.П. Долгих,
И.В. Казарезов, В.Ф. Фогель*

**Исследование импульсных характеристик
ленточных магнитопроводов
из тонкой трансформаторной стали**

Ответственный за выпуск С.Г.Попов

Работа поступила 24 февраля 1988 г.
Подписано в печать 4.03. 1988 г. МН 08164
Формат бумаги 60×90 1/16 Объем 0,8 печ.л., 0,7 уч.-изд.л.
Тираж 290 экз. Бесплатно. Заказ № 41

*Набрано в автоматизированной системе на базе фото-
наборного автомата ФА1000 и ЭВМ «Электроника» и
отпечатано на ротапинтере Института ядерной физики
СО АН СССР,
Новосибирск, 630090, пр. академика Лаврентьева, 11.*