

Рис. 4. Осциллограммы записи сигналов с пироприемников при измерении излучения с фронта ударных волн в воздухе (а) и в аргоне (б), период синусоиды 10^{-6} с.

согласуются между собой и соответствуют ударной адиабате аргона [2]. Надо отметить, что при 24 000 К примерно половина энергии излучения лежит в области вакуумного ультрафиолета.

По нарастанию сигнала пироприемника $\Phi(t)$, обусловленному нарастанием «пробки» ударно-сжатого газа, определен усредненный по спектру коэффициент поглощения χ нагретого газа методом, предложенным в [1]. Измеренный для ударной волны в аргоне с температурой 23400 ± 700 К усредненный по всему спектру излучения коэффициент поглощения равен 10 см^{-1} .

Разработанные пироприемники могут применяться для регистрации и других процессов, связанных с излучением в широком спектральном диапазоне.

Авторы благодарны Б. Д. Христофорову за полезную дискуссию.

ИФЗ АН СССР,
Москва

Поступила в редакцию
16/VI 1975

ЛИТЕРАТУРА

1. И. Ш. Модель. ЖЭТФ, 1957, 32, 714.
2. Е. Г. Попов. Канд. дис. М., 1969.
3. Тепловые приемники излучения. Труды I Всесоюзного симпозиума. Киев, «Наукова думка», 1967.
4. Л. С. Кремнечугский. Сегнетоэлектрические приемники излучения. Киев, «Наукова думка», 1971.
5. L. Haggis, J. K. Beasley. JOSA, 1952, 42, 134.
6. R. G. Johnston, R. P. Madden. Appl. Optics, 1965, 12, 4, 1574.
7. Е. Г. Попов, М. А. Цикулин. ПМТФ, 1970, 5, 164.

ВЗРЫВОМАГНИТНЫЙ ГЕНЕРАТОР С ИНДУКТИВНОЙ НАГРУЗКОЙ

И. И. Дивнов, Ю. А. Гуськов, Н. И. Зотов,
О. П. Карпов, Б. Д. Христофоров

Взрывомагнитные генераторы (ВМГ) [1—3], использующие энергию взрыва для получения импульсных токов, весьма перспективны в качестве мощных источников электрической энергии. В частности, простейшие ВМГ «плоского» типа [2, 3] могут в лабораторных экспериментах заменить «большие» конденсаторные батареи.

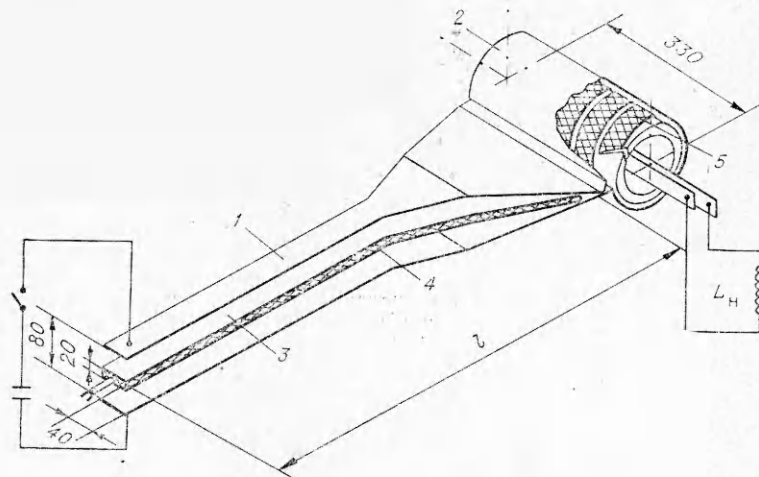


Рис. 1. Взрывомагнитный генератор.

Согласование ВМГ с нагрузкой возможно либо с помощью системы взрывных переключателей [4] (их разработка представляет сложную техническую проблему [5]), либо посредством согласующего трансформатора. В работе [6] «плоский» ВМГ с согласующим трансформатором использовался для нагрева плазмы газового разряда. Энергия 10 кДж, введенная в разряд, составляла 50% от энергии, подводимой к ВМГ.

Ниже приведены результаты опытов по передаче с помощью повышающего трансформатора энергии ВМГ, аналогичного описанному в [3], в индуктивную нагрузку. При весе ВВ, допустимом для современных взрывных камер, энергия в нагрузке значительно превышала энергию запитки ВМГ.

Начальный магнитный поток в контуре ВМГ, показанном на рис. 1, создавался разрядом конденсаторов емкостью $1,3 \cdot 10^{-2}$ Ф при напряжении 4 кВ. Профилированные медные шины 1 с одновитковым соленоидом 2 на конце и изолированная от шин кассета 3 с зарядом взрывчатого вещества 4 готовились из листовой меди толщиной 2 и 1,5 мм соответственно. Соленоид заливался бетоном, что препятствовало его расщирению под действием магнитного давления. Вторичная обмотка трансформатора 5 наматывалась медной лентой толщиной 1,5 мм на каркас из винипласта. В качестве изоляции использовалась полиэтиленовая пленка толщиной 0,4 мм. Нагрузка подсоединялась к трансформатору 20 кабелями ФКП длиной 6 м, что позволяет питать устройства, расположенные вне взрывной камеры. Индуктивность нагрузки вместе с кабелями $L_n = 0,76$ мкГн.

Параметры трансформатора приведены в табл. 1, где D и L_1 — диаметр и индуктивность соленоида; N и L_2 — число витков и индуктивность вторичной обмотки трансформатора; k — коэффициент связи об-

Таблица 1

Номер опыта	l , см	L_0 , мкГн	C , кг	D , см	L_1 , нГн	N	L_2 , мкГн	k	L_n , нГн
12	101	0,60	3,1	9,5	24,7	10	2,21	0,86	10,3
13	101	0,60	3,1	6,0	9,80	10	0,91	0,77	6,55
14	168	1,04	4,0	9,5	24,7	10	2,21	0,85	10,8
15	168	1,04	4,0	9,5	24,7	7	1,14	0,86	12,7
16	240	1,49	5,2	15,6	60,6	7	2,89	0,91	22,1

моток. Там же приведены начальная индуктивность L_0 ВМГ, его длина — l , вес ВВ — C и

$$L_s = L_1 - k^2 L_1 L_2 / (L_2 + L_n).$$

Детонация ВВ возбуждалась с торца кассеты в момент, близкий к максимуму тока разряда конденсаторов. Под действием продуктов взрыва кассета замыкала шины и вытесняла в соленоид начальный магнитный поток Φ_0 , что приводило к увеличению магнитной энергии W по сравнению с начальной энергией W_0 ВМГ, при этом

$$W/W_0 = [(\Phi_0 - \Phi_n)/\Phi_0]^2 \cdot L_0/L_s,$$

где Φ_n — потери потока к моменту максимального сжатия; L_s — приведенная индуктивность соленоида с учетом цепи нагрузки.

В опытах измерялись токи и напряжения в цепях разряда конденсаторной батареи и нагрузки поясами Роговского и омическим делителями соответственно. Напряженность магнитного поля в центре соленоида измерялась индуктивным датчиком. Состояние ВМГ при сжатии магнитного потока контролировалось по результатам высокоскоростной съемки на СФР-2М.

Характерные осциллограммы приведены на рис. 2, 3, результаты измерений — в табл. 2, где I_{10} , I_{20} — токи в момент начала сжатия магнитного потока в ВМГ и нагрузке соответственно; $I_{1\max}$ и $I_{2\max}$ — максимальные значения этих токов; H_{\max} — максимальная напряженность магнитного поля в соленоиде;

$$W_0 = \frac{L_0 I_{10}^2}{2} \text{ — начальная энергия ВМГ, } W_n = \frac{L_n I_{2\max}^2}{2} \text{ — энергия в нагрузке; } W = \frac{L_s I_{1\max}^2}{2} \text{ — полная энергия в трансформаторе и в нагрузке.}$$

Энергии W_0 и W_n , рассчитанные по измеренным значениям токов и индуктивностей, в пределах погрешностей измерений совпадали с определенными по осциллограммам токов и напряжений.

Поскольку ток I_1 в цепи ВМГ измерялся только в стадии «запитки», значения $I_{1\max}$ в табл. 2 определялись по формуле.

$$I_{1\max} = I_{10} \cdot I_{2\max} / I_{20}.$$

Там же в скобках приведены значения $I_{1\max}$, определенные по результатам измерений H_{\max} и $I_{2\max}$. Полная энергия W определялась по средним значениям $I_{1\max}$ из табл. 2.

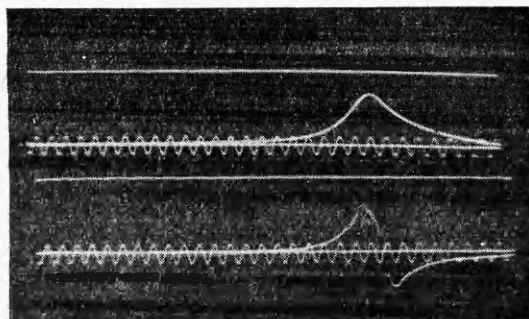


Рис. 2. Осциллограмма тока (верхний луч $I_{2\max} = 860$ кА) и напряжения (нижний луч $u_{2\max} = 14$ кВ) в нагрузке; опыт № 16.

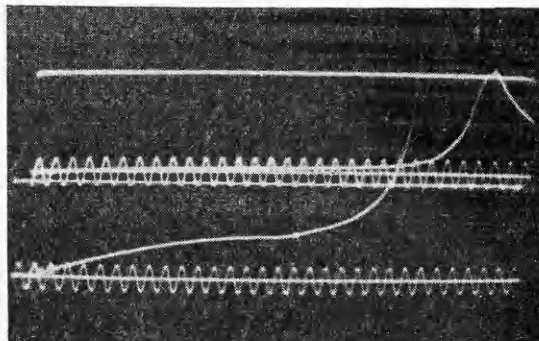


Рис. 3. Осциллограмма напряженности магнитного поля в соленоиде в опыте № 13. Чувствительности на нижнем и верхнем луче различаются в 10 раз; $H_{\max} = 164$ кЭ, период синусоиды 10 мкс.

Таблица 2

Номер опыта	I_{10} , кА	I_{20} , кА	$I_{1\max}$, мА	$I_{2\max}$, кА	H_{\max} , кЭ	$W_{0'}$, кДж	$W_{н'}$, кДж	W , кДж
13	394	17,5	9,51 (9,15)	424	164	46,5	68,2	285
12	400	28,5	7,40 (8,33)	526	90	48,0	106	319
14	318	22,3	9,25 (9,95)	650	100	51,0	160	499
15	318	26,4	8,85 (9,62)	735	134	51,0	207	539
16	303	31,0	8,42 (8,37)	860	60	69,0	280	778

Расчеты показывают, что энергия, переданная в нагрузку, существенно увеличивается с ростом коэффициента связи k обмоток трансформатора. Повышение k за счет уменьшения зазоров между обмотками не удалось осуществить из-за снижения электрической прочности изоляции. Поэтому для повышения k пришлось увеличивать диаметр соленоида и соответственно длину ВМГ для поддержания необходимой степени сжатия магнитного потока. Это позволило повысить энергию в нагрузке и получить $W_{н'}/W_0 \approx 4$, что существенно превышает результаты работы [6].

В процессе сжатия ВМГ наблюдались значительные (до 60%) потери магнитного потока, не характерные для генераторов данного типа [4]. Можно ожидать, что доработка конструкции ВМГ позволит уменьшить потери и увеличить энергию в нагрузке. При этом вес ВВ может быть, по-видимому, уменьшен, так как в данном ВМГ он превышал вес, необходимый для сжатия магнитного потока.

ИФЗ АН СССР,
Москва

Поступила в редакцию
4/V 1975

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Д. Сахаров, Р. З. Людаев и др. Докл. АН СССР, 1965, **165**, 1, 65.
2. Г. Кнопфель. Сверхсильные импульсные магнитные поля. М., «Мир», 1972.
3. Е. И. Биченков, А. Е. Войтенко и др. Докл. АН СССР, 1968, **183**, 6, 1289.
4. Н. Кноерфель, Н. Кроеглер а. о. Rev. Scient. Instrum., 1969, **40**, 1, 60.
5. А. Е. Войтенко, В. И. Жеребенко, И. Д. Захаренко. ФГВ, 1974, **10**, 1, 145.
6. А. Е. Войтенко, Е. П. Маточкин, Б. А. Яблочников. ПТЭ, 1973, 3, 177.

ПОПРАВКА

В № 3 1976 г. на стр. 381 в 15 строке сверху напечатано $\int_0^{\infty} n_3 n_6 dt$, следует читать $\int_0^{\infty} n_3 n_6 dt$.