

## ТЕХНОЛОГИИ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

УДК 622.235.6

канд. тех. наук, доцент Кондратович А.А., Баев Н.Н., Булыга Д.М.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ КОНДЕНСАТОРНОЙ ПОДРЫВНОЙ МАШИНКИ КПМ-1

*Филиал «Институт переподготовки и повышения квалификации»  
Университета гражданской защиты МЧС Беларуси, пос. Светлая Роща*

Рассмотрены устройство конденсаторной подрывной машинки КПМ-1, технические возможности при предельно рекомендуемых условиях ее применения и выработаны рекомендации по более широкому применению.

*Ключевые слова:* электрический способ взрывания, конденсаторная подрывная машинка, электродетонаторы, электровоспламенители, импульс тока.

Ph.D. (Tech.) A.A. Kondratovich, N.N. Baev, D.M. Bulyga

### DETERMINATION OF THE TECHNICAL CAPABILITIES OF THE CAPACITOR BLASTING MACHINE KPM-1

*Branch «Institute for Retraining and Professional Development» of the State educational establishment «University of civil protection of the Ministry for emergency situations of the Republic of Belarus», village Svetlaya Roscha*

The capacitor blasting machine KPM-1, the technical capabilities under the maximum recommended conditions for it were considered. Recommendations for a wider using for the machine are developed.

*Keywords:* electric blasting method, capacitor blasting machine, electric detonators, electric igniters, current pulse.

#### Введение

При проведении взрывных работ в ОПЧС Республики Беларусь, а также организациями других министерств и ведомств в качестве источника тока при электрическом способе взрывания применяются автономные и сетевые устройства. Сетевые взрывные приборы применяются, когда взрывная сеть подключается непосредственно к осветительной или силовой сети.

Наибольшее распространение получили автономные конденсаторные взрывные приборы, принцип действия которых состоит

в том, что за короткий промежуток времени (до 4 мс) во взрывную сеть подается необходимый для взрывания электродетонаторов (далее – ЭД) импульс тока, накопленный на конденсаторе-накопителе. Автономные приборы имеют собственные источники энергии. Приборы с источником энергии в виде маломощного генератора с ручным приводом называются взрывными машинками.

Широкое применение во всех отраслях народного хозяйства получила конденсаторная подрывная машинка 1 (далее – КПМ-1). Однако ее технические возможности недо-

статочны изучены, что не позволяет в полной мере ее применение при различных вариантах сборки электровзрывной сети.

Данная статья посвящена определению ее технических возможностей и выработке рекомендаций по более широкому ее применению.

### Основная часть

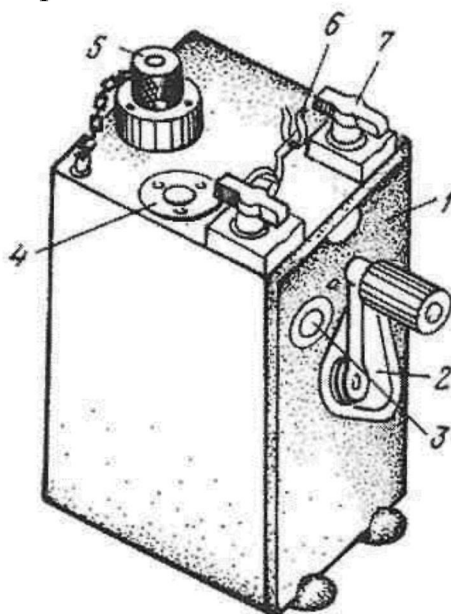
1. Назначение и основные характеристики конденсаторной подрывной машинки КПМ-1.

Конденсаторные подрывные машинки нашли широкое применение при ведении взрывных работ. Они отличаются простотой устройства и надежностью в работе, имеют небольшие массу и объем, снабжены светосигнальными устройствами, позволяющими контролировать исправность машинки. Известны конденсаторные подрывные машинки КПМ-1, КПМ-2 и КПМ-3, применяемые для приведения в действие ЭД или воспламенения электровоспла-

менителей при проведении взрывных работ в средах, не опасных по газу или пыли.

Большую известность получила КПМ-1 [1], способная одновременно приводить в действие более 100 ЭД с общим сопротивлением до 350 Ом и при параллельном соединении до пяти ЭД. Они имеют номинальное напряжение постоянного тока 1500 В, емкость конденсатора-накопителя 2 мкф, время зарядки машинки 4 с. В качестве первичного источника электрического тока используется индуктор – малогабаритный генератор переменного тока с ручным приводом, который накапливает заряды на конденсаторе-накопителе.

Общий вид КПМ-1 показан на рисунке 1, основные характеристики представлены в таблице [3], электрическая принципиальная схема КПМ-1 – на рисунке 2.

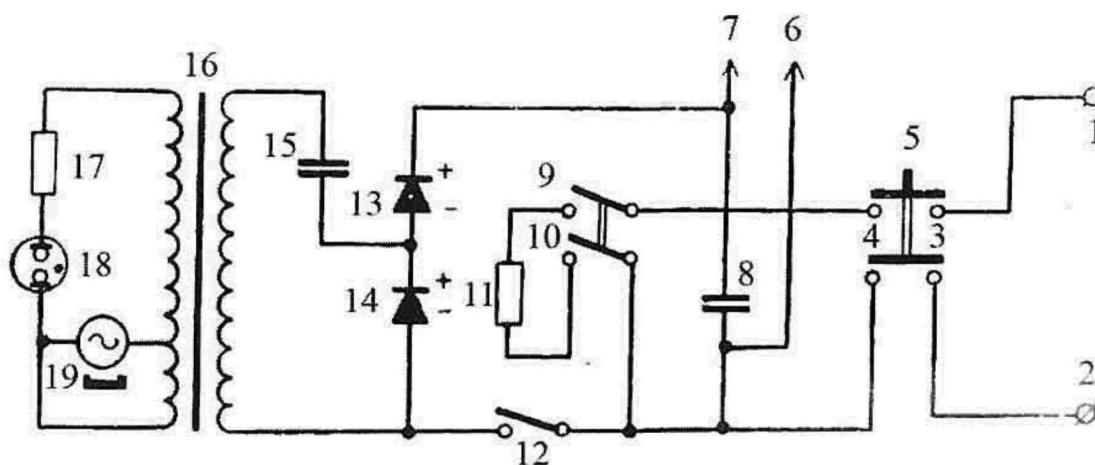


- 1 – пластмассовый корпус; 2 – съемная приводная рукоятка; 3 – взрывная кнопка; 4 – окно сигнальной лампочки; 5 – розетка штепсельного разъема для включения соединительного кабеля; 6 – гнездо для установки съемной рукоятки; 7 – линейные зажимы

Рисунок 1. – Общий вид КПМ-1

Таблица. – Основные характеристики КПМ-1

Параметр	Значение
Габаритные размеры, мм	103×87×166
Максимально допустимое число последовательно соединенных детонаторов ЭДП, Э Д-8-Ж	100
Максимально допустимое число параллельно соединенных детонаторов ЭДП	5
Максимально допустимое число параллельно соединенных детонаторов ЭД-8-Ж	4
Емкость конденсаторов, мкф	2
Рабочее напряжение, В	1500
Сила тока, А	5,0



1, 2 – линейные зажимы; 3, 4 – контакты кнопки включения; 5 – взрывная кнопка; 6, 7 – дополнительные выходы (в виде розетки штепсельного разъема); 8 – конденсатор-накопитель; 9, 10 – контакты, управляющие работой разрядного резистора; 11 – разрядный резистор; 12 – контакт, управляющий работой зарядного устройства; 13, 14 – два диода; 15 – конденсатор; 16 – повышающий трансформатор; 17 – резистор, выполняет функции разрядника, защищающего конденсатор от пробоя; 18 – неоновая лампочка; 19 – рукоятка генератора

Рисунок 2. – Электрическая принципиальная схема КПМ-1

2. Порядок работы электрической схемы КПМ-1.

КПМ-1 работает следующим образом. Пока приводная рукоятка не вставлена в свое гнездо и взрывная кнопка не нажата, контакты 9 и 10 занимают положения, указанные на рисунке 2. Если приводная рукоятка генератора вставлена в свое гнездо, то автоматически размыкаются контакты 9 и 10, т.е. разрядный резистор 11 отключается от конденсатора-накопителя 8. При

вращении рукоятки генератора 19 вырабатывается переменный ток, который через повышающий трансформатор 16 подается на выпрямитель, собранный на диодах 13 и 14 и конденсаторе выпрямителя 15 по схеме с удвоением напряжения. При этом автоматически замыкается контакт 12, а зарядное устройство подключается к конденсатору-накопителю 8, который заряжается. Примерно через 4 с неоновая лампочка 18 светосигнального устрой-

ства загорается, что указывает на готовность прибора к действию. Если при этом нажать на взрывную кнопку 5, то контакты замкнутся, конденсатор-накопитель присоединится к линейным зажимам 1-2 и отдаст накопившуюся в нем энергию во взрывную сеть.

Имеющиеся у КППМ-1 дополнительные выводы 6 и 7 (в виде розетки штепсельного разъема) от конденсатора-накопителя позволяют соединить две машинки параллельно. Это обеспечивает возможность взрывания вдвое большего числа ЭД при вдвое большем сопротивлении взрывной сети. В этом случае приводные рукоятки вставляются в обе машинки (для отключения разрядного сопротивления), конденсаторы-накопители заряжаются вращением одной рукоятки какой-либо машинки. Взрывание осуществляется нажатием взрывной кнопки той машинки, к которой присоединены провода взрывной сети. Индуктор приводится в действие съемной рукояткой, напряжение от него подается в схему удвоения через трансформатор. Назначением схемы удвоения является повышение напряжения до 1,5 кВ, она собрана на основе конденсатора и двух выпрямителей. Генерируемая электроэнергия накапливается в рабочем конденсаторе (конденсаторе-накопителе), достижение уровня его полной зарядки отмечается зажженным неоновым индикатором, который одновременно выполняет функции разрядника, защищающего конденсатор от пробоя.

В электрической схеме КППМ-1 также присутствует разрядное сопротивление, которое отключается

при вставленной в машинку рукоятке индуктора.

При вынимании рукоятки разрядное сопротивление автоматически сбрасывает напряжение с рабочего конденсатора. Помимо этого в схеме предусмотрен автоматический выключатель, который действует при вращении рукоятки индуктора, замыкая цепь выпрямителей и рабочего конденсатора.

Исправность подрывной машинки можно проверить или с помощью специального пульта, который прилагается к машинке, или путем взрывания двух параллельно соединенных ЭД при наличии добавочного сопротивления.

Если заряженная КППМ-1 по каким-то причинам не будет использована, то конденсатор-накопитель должен быть разряжен. Разрядку можно провести, вынув из гнезда приводную ручку, которая замыкает рабочий конденсатор на разрядное сопротивление.

3. Проведение исследований по определению технических характеристик КППМ-1.

3.1. Исследования по определению технических характеристик КППМ-1 при последовательном соединении ЭД.

За сопротивление одиночного ЭД принимаем значение, равное 2,5 Ом [2]. Измерения проведем на нагрузочных резисторах 250 Ом. Данное сопротивление соответствует сопротивлению цепи последовательно соединенных 100 ЭД.

Измерения проводим осциллографом АКПП-4125/1 и щупом со встроенным делителем 1:100.

Внешний вид осциллографа АКПП-4125/1 показан на рисунке 3.



Рисунок 3. – Внешний вид осциллографа АКИП-4125/1

Так как выходное напряжение КПМ-1 превышает 1,5 кВ, то измерения проводились с помощью щупа

со встроенным делителем 1:100, показанном на рисунке 4.

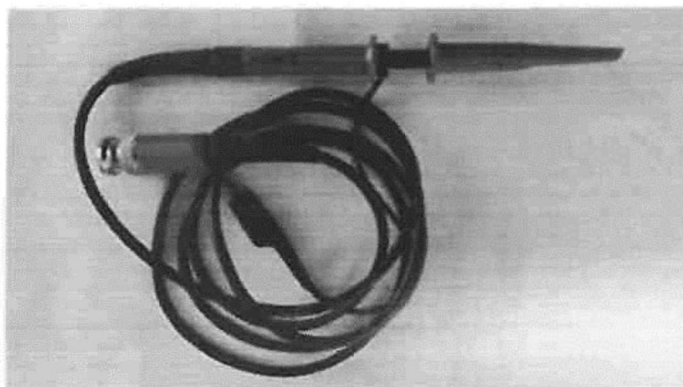


Рисунок 4. – Щуп со встроенным делителем 1:100

Разряд по напряжению одной клетки на осциллографе выставлен 500 В.

Первое измерение путем нажатия взрывной кнопки 5 КПМ-1 про-

водим без подключения нагрузки (после вращения ручки до загорания контрольной лампочки на КПМ-1).

Результаты первого измерения показаны на рисунке 5.

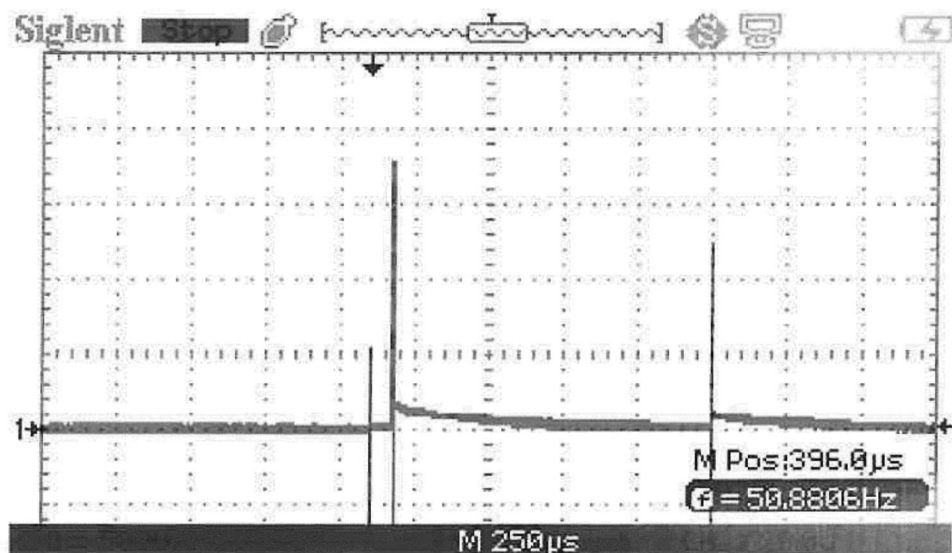


Рисунок 5. – Результаты первого измерения

Анализируя полученную осциллограмму, видим, что наблюдается не единичный скачок напряжения, а несколько. Эти повторные скачки напряжения наблюдаются вследствие искрения (дребезга) контактов кнопки.

Второе измерение проведено на нагрузку во взрывной сети, равную 250 Ом, что соответствует последовательному соединению 100 ЭД.

Вторая осциллограмма (рисунок 6) показала также на наличие повторных скачков амплитуды напряжения.

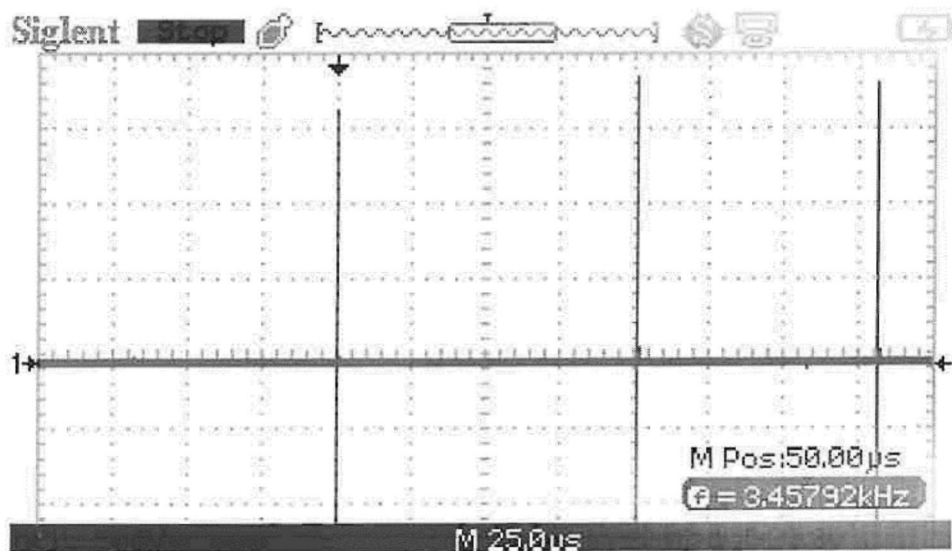


Рисунок 6. – Результаты второго измерения

Используя функции осциллографа, был выделен график одиночного скачка напряжения. При его рассмотрении (рисунок 7) наблюдаем тот же переходной процесс с затухающими импульсами с проседа-

нием напряжения через 0,25 мкс до нуля.

В отдельных включениях дребезга контактов не наблюдается (рисунок 8), тогда можно увидеть иную картину.

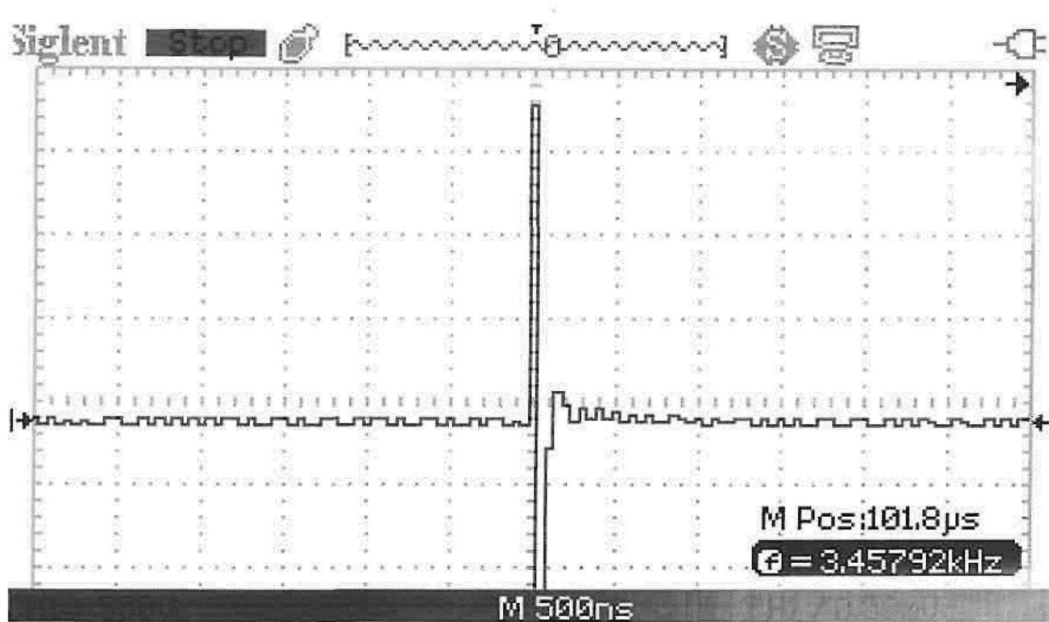


Рисунок 7. – Осциллограмма одиночного скачка напряжения

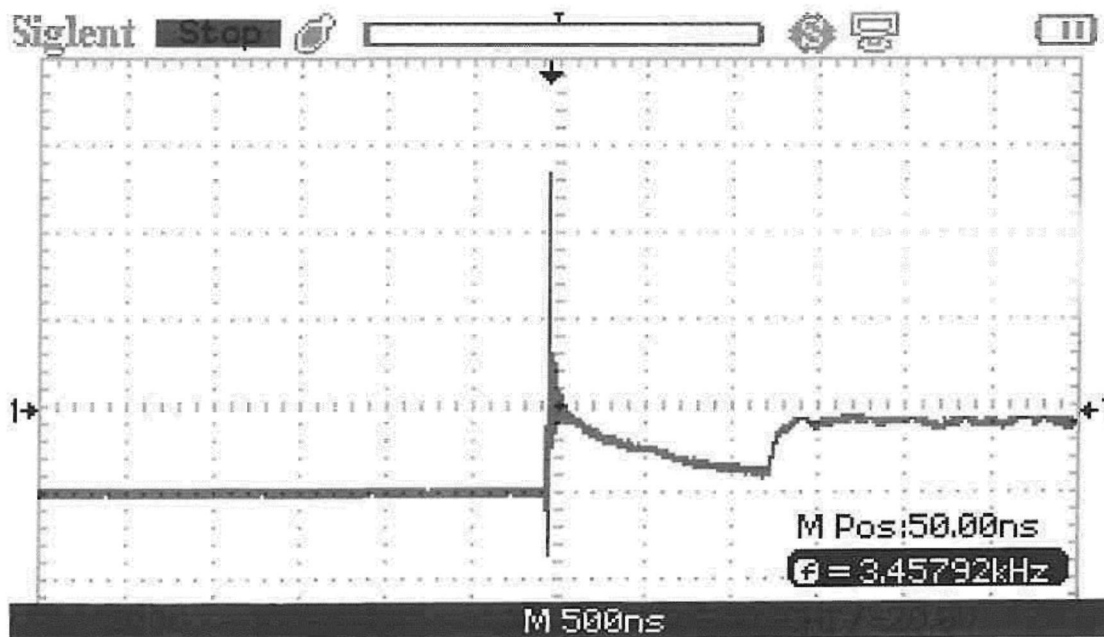


Рисунок 8. – Осциллограмма одиночного импульса при дребезге контактов

По результатам опытов можно сделать следующие выводы:

во всех случаях наблюдается скачек напряжения, превышающий 1500 В примерно в 1,3 раза;

за счет резонансного контура, образованного обмоткой трансформатора и конденсаторами, в каждом импульсе присутствует колебательный процесс с выбросами как в по-

ложительную, так и в отрицательную стороны;

длительность и амплитуда скачка напряжения при его подаче во взрывную сеть обеспечивает одновременное гарантированное взрывание с запасом более чем в 1,3 раза, что соответствует возможности приведения в действие более 130 последовательно соединенных ЭД.

После проверки технических возможностей на максимально возможное последовательное подключение ЭД была рассмотрена возможность приведения в действие взрывной сети при пяти параллельно соединенных ЭД.

3.2. Исследования по определению технических характеристик КПМ-1 при параллельном соединении ЭД.

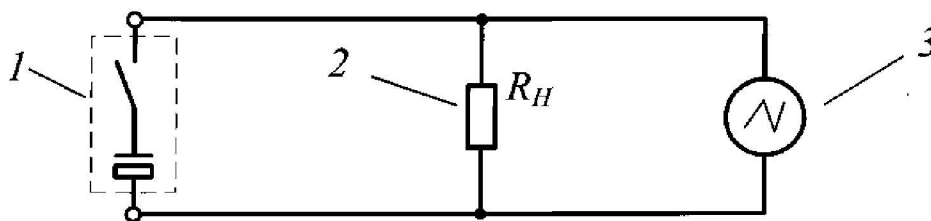
Имитация нагрузки из пяти параллельно соединенных ЭД № 8-Ж проведена с помощью отрезка ни-

хромовой проволоки. Для этого выполнены следующие расчеты. Так как сопротивление одного ЭД № 8-Э составляет 2 – 4,2 Ом, а ЭД № 8-Ж – 1 – 3 Ом [3], для последующих расчетов примем  $R_{ЭД} = 2,5$  Ом.

В этом случае сопротивление нагрузки из пяти параллельно соединенных ЭД будет равно:

$$R_H = R_{ЭД}/5 = 2,5/5 = 0,5 \text{ Ом.} \quad (1)$$

Собранная схема проведенного эксперимента показана на рисунке 9.



1 – КПМ-1; 2 – нагрузочное сопротивление; 3 – осциллограф  
Рисунок 9. – Схема эксперимента

При этом разряд накопительного заряда конденсаторе осуществляется через внутреннее сопротивление измерительного шупа, а также последовательно-параллельный колебательный контур, образованный накопительным конденсатором 8 и вторичной обмоткой повышающего трансформатора 16 и конденсатором выпрямителя 15 (рисунок 2).

Характер переходного процесса при подключении сопротивления нагрузки  $R_H = 0,5$  Ом показан на рисунке 10.

При этом можно наблюдать четко выраженный апериодический затухающий колебательный процесс. Максимальная амплитуда напряжения при этом составляет 1100 В.

Длительность переходного процесса не превышает 50 нс.

При работе на нагрузку  $R_H = 0,5$  Ом основные параметры цепи определяются сопротивлением нагрузки и емкостью накопительного конденсатора, индуктивностью вторичной обмотки повышающего трансформатора 16 (рисунок 2). Постоянная времени цепи при этом будет определяться выражением (с. 142, [3]):

$$\tau = C_H R_H, \quad (2)$$

где  $\tau$  – постоянная времени цепи, с;

$C_H$  – емкость накопительного конденсатора, Ф;

$R_H$  – сопротивление нагрузки, Ом.



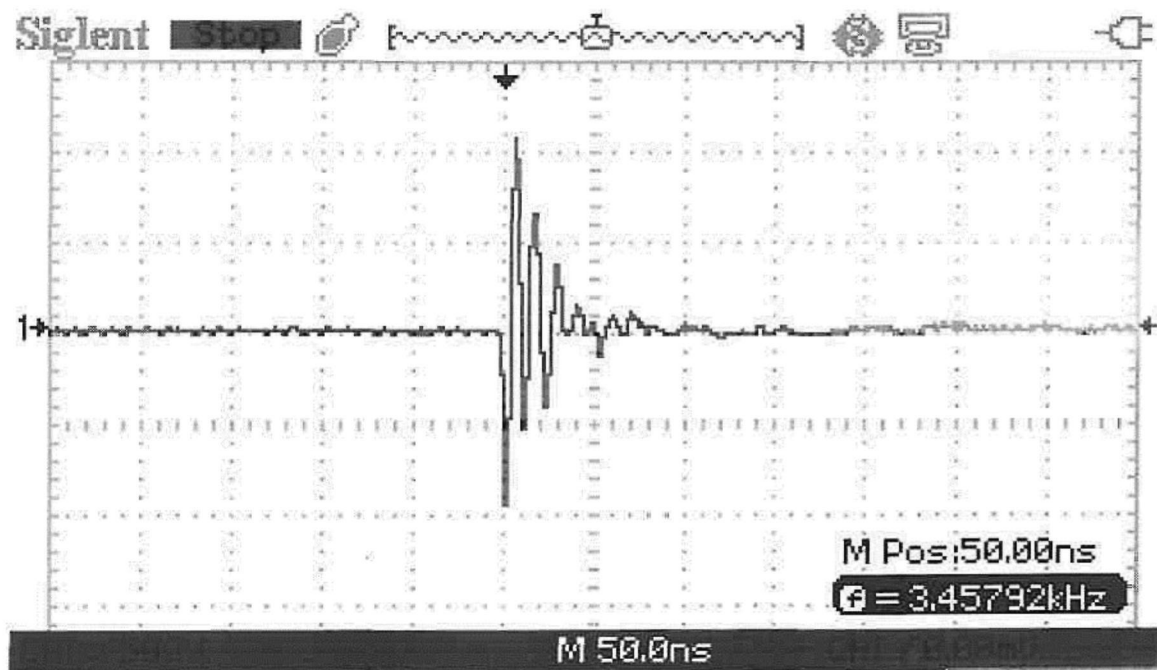


Рисунок 10. – Переходной процесс при нагрузке  $R_H = 0,5 \text{ Ом}$

Подставив исходные данные, получим:

$$\tau = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 0,5 = 0,000001 \text{ с} = 1 \text{ мкс} \quad (3)$$

Длительность переходного процесса в цепи обычно принимает равной не более  $5 \tau$ , что составляет:

$$\tau = 5 \cdot 10^{-6} = 0,000005 \text{ с} = 5 \text{ мкс} \quad (4)$$

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что переходный процесс аналогичен переходному процессу в последовательной электрической цепи. Ток в цепи представляет собой экспоненциально затухающее синусоидальное колебание с частотой  $f = 3,45 \text{ кГц}$  (рисунок 10). Выделяемой при разряде накопительного конденсатора мощности электрической энергии достаточно для гарантированного подрыва пяти параллельно соединенных ЭД № 8-Ж.

Так как величина скачка напряжения превышает более чем в 1,3 раза приведенную в официальной характеристике величину напряжения, то с высокой степенью надежности можно сделать вывод, что при параллельном соединении шести ЭД взрывная сеть будет приведена в действие.

#### Заключение

Выполненные исследования по определению технических возможностей конденсаторной подрывной машинки КПМ-1 показали, что:

- во всех случаях как при последовательном, так и при параллельном соединении ЭД наблюдался скачок амплитуды напряжения, превышающий 1500 В более чем в 1,3 раза;

- в каждом скачке напряжения присутствует колебательный процесс с выбросами как в положительную, так и в отрицательную стороны;

– длительность и амплитуда скачка напряжения при его подачи во взрывную сеть позволяют сделать вывод, что КПМ-1 обеспечивает одновременное гарантированное взрывание с запасом более чем в 1,3 раза, что соответствует возможности приведения в действие более 130 последовательно соединенных ЭД, а также при параллельном соединении во взрывной сети ЭД довести их число до шести.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Взрывник (мастер-взрывник) : учебное пособие / А.А. Кондратович, Д.М. Булыга. – Минск: УГЗ МЧС Беларуси, 2021. – 140 с.
2. Эпов Б.А. Источники тока – взрывные (подрывные) машинки / Б.А. Эпов // Основы взрывного дела. – М.: Воениздат, 1974. – С. 92.
3. Матвиенко В.А. Основы теории цепей : учебное пособие для ву-

зов / В.А. Матвиенко. – Екатеринбург: УМЦ УПИ, 2016. – 162 с.

#### REFERENCES

1. Vzryvnik (dominum vzryvnik): artem / A.A. Kondratovich, D.M. bulyga. - Minsk: UGZ Ministerii Emergency Situationis Belari, 2021. - 140 p.
2. Epov B.A. Fontes current - machinis explosivae (subversivae) / B.A. Epov // Fundamenta negotii explosivae. – M.: Domus Militaris Publishing, 1974. – P. 92.
3. Matvienko V.A. Fundamenta theoriae circuitus: artem pro universitatibus / V.A. Matvienko. – Yekaterinburg : UMC UPI, 2016. – 162 p.

