

Список литературы:

1. Клиническая ультразвуковая диагностика. Мухарлямов Н.М., Беленков Ю.Н., Атьков О.Ю. Изд. Медицина (дата обращения: 10.05.2021)
2. Джеймс Матизер и О. Джон Ма Ультразвуковое исследование в неотложной медицине.
3. Елена Мишакова УЗИ. Как сохранить здоровье с помощью своевременной диагностики.
4. Балахонова Татьяна Валентиновна, Горохова Светлана Георгиевна Ультразвуковое исследование сердца и сосудов.
5. Олег Змитрович Ультразвуковая диагностика в цифрах.

Безверхий А.А., Чернов Н.Н.

1) аспирант 2 курса

2) д.т.н., профессор ИНЭП
Южный федеральный университет,
г. Таганрог, mchernov@sfedu.ru

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ЭФФЕКТИВНОЙ ПОМОЩИ ПРИ ВНЕЗАПНОЙ ОСТАНОВКЕ СЕРДЦА ВСЛЕДСТВИЕ ФИБРИЛЛЯЦИИ ЖЕЛУДОЧКОВ

В работе рассматривается разработка устройства для оказания быстрой эффективной помощи при внезапной остановке сердца. По данным европейского совета по реанимации причиной 76% внезапных остановок сердца являлась фибрилляция желудочков. Основное лечение этого заболевания заключается в немедленном проведении сердечно-легочной реанимации, одним из компонентов которой является дефибрилляция патологических ритмов. Проведенный анализ применения современных форм бифазных импульсов и исследование основных параметров их воздействия на пациента учитывались при разработке устройства. По результатам проведенного анализа выработаны рекомендации по сердечно-лёгочной реанимации, в частности, о необходимости поддержания постоянной плотности тока на уровне 14 -16 А, доставляемый за 4 -5 мс, которое можно обеспечить с помощью технологии стабилизации силы тока. Доступность автоматических наружных дефибрилляторов и ранняя, в течение 3-5 минут, дефибрилляция могут поднять выживаемость до 50-70%.

ВНЕЗАПНАЯ ОСТАНОВКА СЕРДЦА, ДЕФИБРИЛЛЯЦИЯ, СИЛА ТОКА, БИФАЗНЫЙ ИМПУЛЬС, ФИБРИЛЛЯЦИЯ ЖЕЛУДОЧКОВ

На сегодняшний день относительно малое количество людей (около 3%) переживают остановку сердца или развитие тяжелых форм аритмий [1]. Заметный рост доли фибрилляции желудочков в сердечно-сосудистых заболеваниях обусловил активное внедрение в ряде развитых стран во все значимые общественные места автоматических наружных дефибрилляторов. Анализ международного опыта показывает, что программы общедоступности автоматических наружных дефибрилляторов реализуются в США, Канаде, Великобритании, Австралии, Японии, Сингапуре, странах Европейского союза, в ряде стран СНГ, в которых доступ к автоматическим наружным дефибрилляторам и быстрое их использование обеспечивают повышение уровня выживаемости пострадавших при внезапной остановке сердца. Автоматические наружные дефибрилляторы размещают в местах с большим скоплением людей: в санаториях, оздоровительных центрах, аэропортах и т.д. [2].

Учитывая направление из Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации «Переход к персонализированной медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям здоровьесбережения», а также внесение изменений в статью 31 Федерального закона «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации», при возникновении ситуаций, требующих оказания первой помощи с применением автоматических наружных дефибрилляторов, такая помощь может быть оказана неограниченному кругу лиц. Учитывая современные тенденции развития общества и глобальные экологические проблемы, возможно предполагать усугубление ситуации с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Для увеличения выживаемости людей, страдающих заболеваниями сердца, сопровождающихся развитием тяжелыми формами аритмий, необходима модернизация существующих систем проведения электрокардиостимуляции.

Разработка дефибрилляторов ведется в ведущих научных центрах всего мира. За последние десятилетия произошло ряд фундаментальных открытий в этой области. Доказана эффективность бифазного импульса и определены граничные значения для основных параметров электроимпульсной терапии. Полем для научных изысканий остается определение оптимальной формы сигнала и стабилизация силы тока с учетом импеданса тканей грудной клетки [3]. Современное развитие электроники позволяет реализовать большинство теоретических моделей и сделать их применение эффективным и безопасным для пациентов.

В работе проведено исследование различных форм импульса, прошедших клинические испытания и используемых в автоматических дефибрилляторах. В основе анализа лежит воздействие бифазного импульса на кардиомиоциты. К сравнению взяты основные энергетические характеристики дефибриллятора: форма, продолжительность и амплитуда импульса, а также зависимости этих параметров от величины сопротивления нагрузки, напряжение зарядки и емкостные характеристики конденсатора.

Исследование проводилось на анализаторе дефибрилляторов чрескожных кардиостимуляторов Fluke Impulse 7000DP, с использованием дополнительного устройства для выбора нагрузки дефибриллятора Impulse 7010 и различными типами импульсов, используемых в дефибрилляторах [4].

Используемый в практике электроимпульсной терапии «Интеллектуальный бифазный импульс» основан на использовании конденсатора емкостью 95 мкФ, который заряжается до 1625 В (энергия 115 Дж) или 1800 В (энергия 130 Дж), а также с использованием конденсатора емкостью 120 мкФ и зарядом до 1800 В при номинальном импульсе с энергией 180 Дж.

При проведении исследований в начале каждого импульса проводилась оценка импеданса грудной клетки рядом последовательно соединенных резисторов с сопротивлением по 22 Ом в течение 50 мкс. За это время определяется импеданс пациента, который должен быть не ниже 22 Ом. На основании измеренного импеданса время устанавливается так, чтобы номинальная энергия была доставлена полностью. Во время исследований использовались импульсы с энергией 200 Дж при импедансе 25, 50, 100 и 125 Ом. Результаты измерений представлены на рисунке 1.

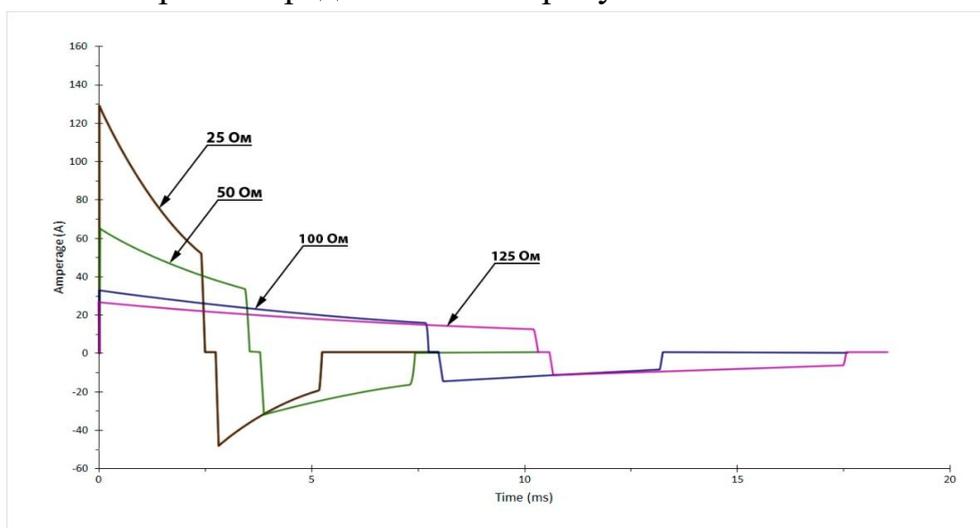


Рисунок 1 – Форма импульса «интеллектуального бифазного импульса»

Из рисунка 1 видно, что продолжительность и амплитуда импульса находится в большой зависимости от сопротивления грудной клетки. Относительно постоянным в импульсе является соотношение силы тока первой и второй фазы [4].

В отличие от интеллектуальной двухфазной системы протокол «Адаптивного бифазного импульса» реализован с возможностью настройки доставляемой энергии до 360 Дж. Для доставки такой энергии в схеме используется конденсатор емкостью 210 мкФ, что делает импульс более продолжительным. Результаты измерения импульса с энергией 200 Дж при импедансе 25, 50, 100, 125 Ом отражены на рисунке 2.

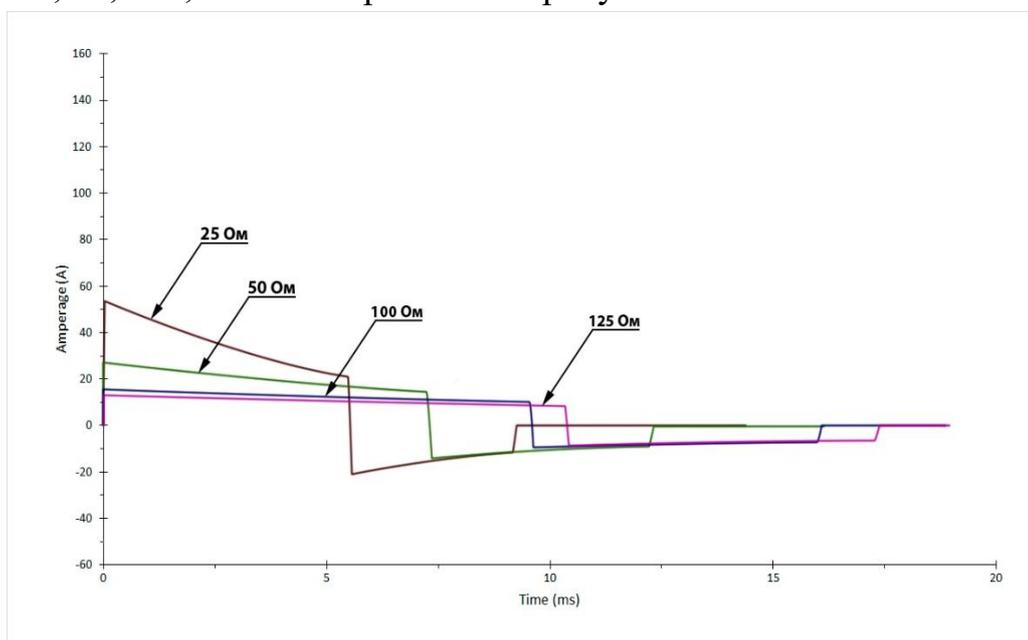


Рисунок 2 – График «адаптивного бифазного импульса» на нагрузке 25, 50, 100, 125 Ом

Как видно из графика особенностью адаптивного импульса является постоянное соотношение второй фазы к первой, которая всегда составляет $2/3$ от первой фазы независимо от импеданса. Это компенсирует внутренние потери, особенно у пациентов с низким сопротивлением, и незначительно укорачивает длительность импульса у пациентов с высоким сопротивлением, с помощью этих изменений номинальная выходная мощность всегда поддерживается на одном уровне.

Данные исследования были проведены ещё с пятью видами бифазных импульсов от различных производителей дефибриляторов. Учитывая проведенный анализ, а также результаты теоретических исследований, можно сделать следующие выводы:

- Оптимальным является бифазный импульс прямоугольной формы, обеспечивающий постоянную плотность тока на уровне 14-16 А и доставляемый за 4 -5 мс. Поддержание этих параметров можно обеспечить с помощью технологии стабилизации силы тока.

- Согласно рекомендациям стартовый заряд для взрослых составляет 150 Дж с возможностью повышения разряда до 360 Дж. Проведенные исследования представленных бифазных импульсов показывают возможность достижения общей реполяризации с меньшими значениями энергии, однако необходимо иметь техническую возможность доставки максимальной энергии в 360 Дж [6].

- Соотношение первой и второй фаз рассмотренных импульсов наружных бифазных дефибрилляторов имеют существенные различия, однако все они реализованы в дефибрилляторах, прошедших клинических испытания. Из этого можно сделать вывод, что вопрос о соотношении фаз является предметом проведения дополнительных исследований.

Список литературы:

1. Ringh M, Herlitz J, Hollenberg J, Rosenqvist M, Svensson L. Out of hospital cardiac arrest outside home in Sweden, change in characteristics, outcome and availability for public access defibrillation. *Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine* 2009; 17: 18.

2. Weisfeldt ML, Sitlani CM, Ornato JP, et al. Survival after application of automatic external defibrillators before arrival of the emergency medical system: evaluation in the resuscitation outcomes consortium population of 21 million. *J Am Coll Cardiol* 2010; 55: 1713–20.

3. Ringh M, Rosenqvist M, Hollenberg J, et al. Mobile_phone dispatch of laypersons for CPR in out_of_hospital cardiac arrest. *The New England journal of medicine* 2015; 372: 2316–25.

4. Чернов Николай Н., Безверхий Александр А., Тимошенко Владимир И. Оценка эффективности общей реполяризации кардиомиоцитов бифазными импульсами различной формы. *Выпуск 16; Май 2020; стр. 80-84; DOI: 10.12710/cardiometry.2020.16.8084; WOS:000539041400010; Q4 SJR 2019: 0,108. (на англ.)*

5. Morrison LJ, Henry RM, Ku V, Nolan JP, Morley P, Deakin CD. Single_shock defibrillation success in adult cardiac arrest: a systematic review. *Resuscitation* 2013; 84: 1480–6

6. Nikolay N. Chernov, Oksana I. Korotkova, Aleksandr A. Bezverkhii Systematic design of optimized pulse shape for transthoracic defibrillation. *CARDIOMETRY, №17, 2020, с.34-38. DOI 10.12710/cardiometry.2020.17.3438*