

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РАЗРЯДОМ

**Аннотация:** Разработана и апробирована система управления разрядом в жидкой среде. Исследован заряд в удвоителе с емкостным ограничением тока при стабилизированном зарядном напряжении. Исследован разрядный контур, в котором частота разрядных импульсов определяется управляемым разрядником.

**Ключевые слова:** разряд в жидкой среде, зарядный контур, разрядный контур, управление разрядником

### ВВЕДЕНИЕ

Перенос жидкостей всегда связан с образованием различных видов отложений или накипей. Периодическое очищение трубопроводов является относительно трудным технологическим процессом, тем более в случаях их большой длины и сложной конфигурации.

Одна из технологических возможностей очистки накипей и отложений основана на использовании энергии разряда в жидкой среде. Ударная волна и гидродинамический поток, возникающие при кратковременном высоковольтном разряде в воде, разрушают отложения на стенах трубы, не повреждая ее.

В работе экспериментально проверена технологическая возможность очищения труб с внутренним диаметром от 10 до 50mm, уточняются параметры разрядного контура – конденсаторная батарея от 2 до 4μF, при зарядном напряжении от 8 до 12 кV.

### ПРИНЦИП РАБОТЫ. АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

На рис.1 указаны цепи зарядного и разрядного контуров, а на рис.2 – время импульсной диаграммы, объясняющей их функционирование, где:

- Зарядный контур включает блок 1, блок 2 и блок 4;
- Блок 2 – это высоковольтный трансформатор в исходящей цепи которого включен удвоитель, при чем  $C_1 < C_2$  и выполняет роль емкостного токоограничивающего элемента при заряде рабочего конденсатора  $C_2$ . В экспериментальном прототипе  $C_1$  существует стоимость 1μF, а  $C_2$  – это конденсаторная батарея, которую можно переключать со стоимостями 2,3 и 4μF. Симистор во входной питающей цепи – блок 1 выключается после достижения предварительно заданной стоимости  $U_{C2}^*$  конденсаторной батареи  $C_2$ . При  $U_{C2}^*$  – момент  $t_0$  переустанавливается подача управляющих импульсов. Симистор выключается после этого момента путем естественной коммутации и конденсаторная батарея перезарядается с  $\Delta U_c$  – рис.2. Для стабилизации зарядного напряжения  $U_{C2}$  использован лампово-транзисторный параллельный стабилизатор

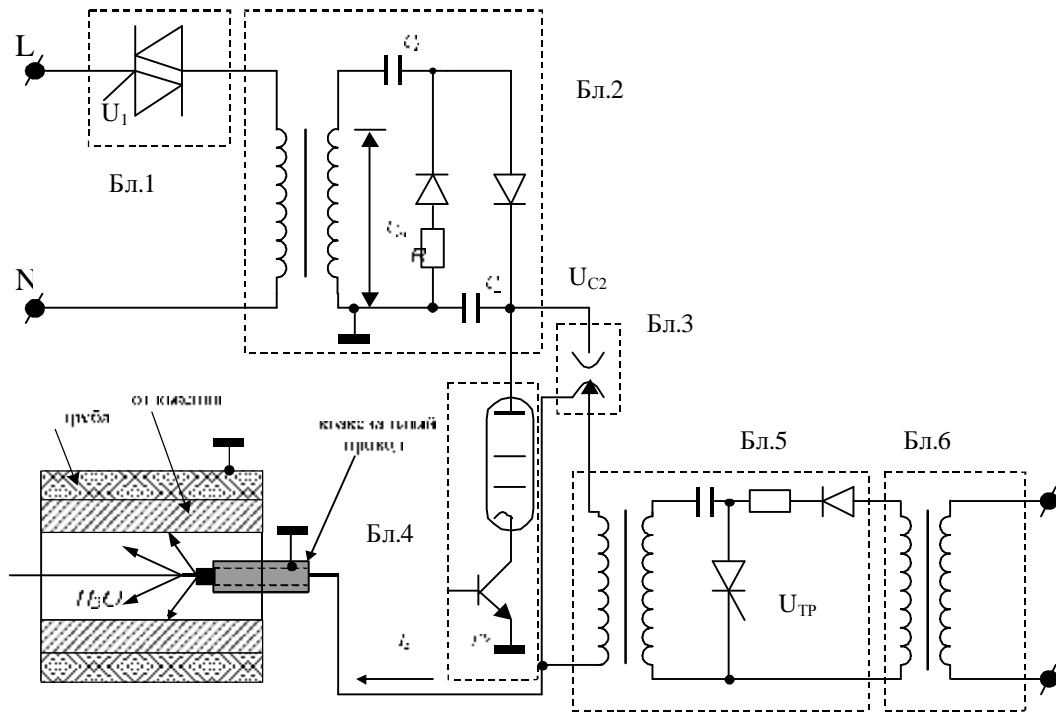


Рис.1

Система управления разрядом в жидкой среде

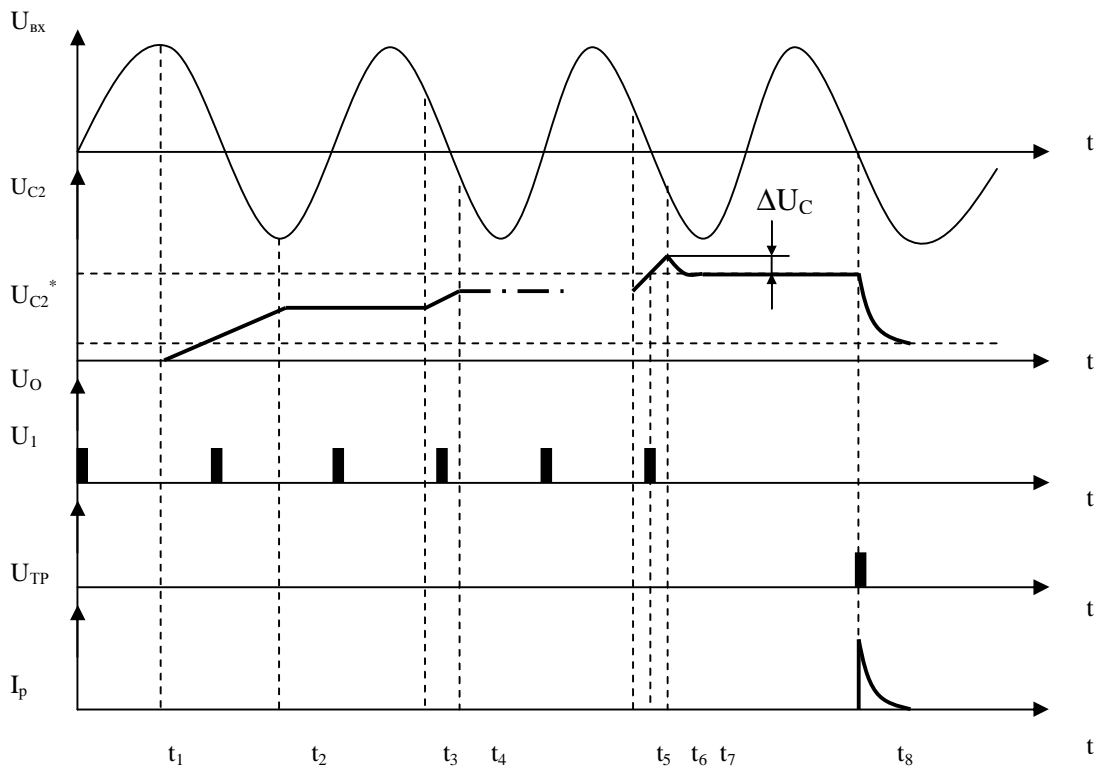


Рис.2 Функциональная время-диаграмма

с непрерывным действием – блок 4. Лампа – металло-керамический тетрод с параметрами: анодное напряжение 16 кV, катодный ток 1А и рассеиваемая мощность 300W типа ПП1. Транзистор TV выполняет роль катодного динамического груза. Через него ток, протекающий через лампу можно стабилизировать стоимостью до 1А. Параллельный стабилизатор включается после запаривания симистора – блок 1 и остается включенным пока  $\Delta U_c = 0$ .

Разрядная цепь включает: управляемый разрядник, блок 3, с его цепями управления – блоки 5 и 6, связывающий коаксиальный провод и очищаемая труба. Трансформатор – блок 6, является развязывающим трансформатором, а формирование высоковольтных зажигающих импульсов для управляемого разрядника осуществляется в блоке 5. Частота разрядных импульсов определяется через тиристора в блоке 5 –  $U_{TP}$ . При подаче управляющего импульса тиристор блока 5 формирует пакет зажигающих высоковольтных импульсов, которые пробивают высоковольтного разрядника –  $t_8$  и начинается разряда конденсаторной батареи  $C_2$  и формирование ударной волны в очищаемой трубе.

Экспериментальное исследование работы управляемого разрядника показывает, что протекание разрядного тока переустанавливается при напряжении  $U_0$  (рис.2) на конденсаторную батарею  $C_2$  в диапазоне от 700 до 900V. Это напряжение почти не зависит от параметров разрядника и разрядной цепи и связано с восстановлением среды в управляемом разряднике.

В соответствии с описанием заряда при емкостном ограничении тока в удвоителе [1], стоимость зарядного напряжения в каждом периоде питающей сети  $U_{cn}$  можно определить уравнением 1:

$$U_{cn} = 2.U_m \left[ 1 - \frac{C_2^{n-1}}{(C_1 + C_2)^{n-1}} \right] \quad (1)$$

где:

- n – это очередной номер периода входного питающего напряжения;

-  $U_m$  - это амплитудная стоимость высоковольтной обмотки трансформатора блока 2;

На рис.3, 4 и 5 показано изменение  $U_{cn}$  при параметре стоимости  $C_2$  и  $U_m$ .

На рис.6 показано изменение  $U_{cn}$  в функции от колебания входного питающего напряжения.

Результаты изменений  $U_{cn}=f(C_2, U_m, \Delta U_m, t)$ , показанных на рис.3 - рис.6 указывают на то, что для формирования одинаковых разрядных импульсов обязательно надо стабилизировать напряжение заряда на рабочем конденсаторе. При рабочей частоте разрядных импульсов от 0,5-2Hz и при  $C_2=4\mu F$  мощности параллельного лампово-транзисторного стабилизатора – блок 4 не превышает 215W, а время его включенного состояния 6mS.

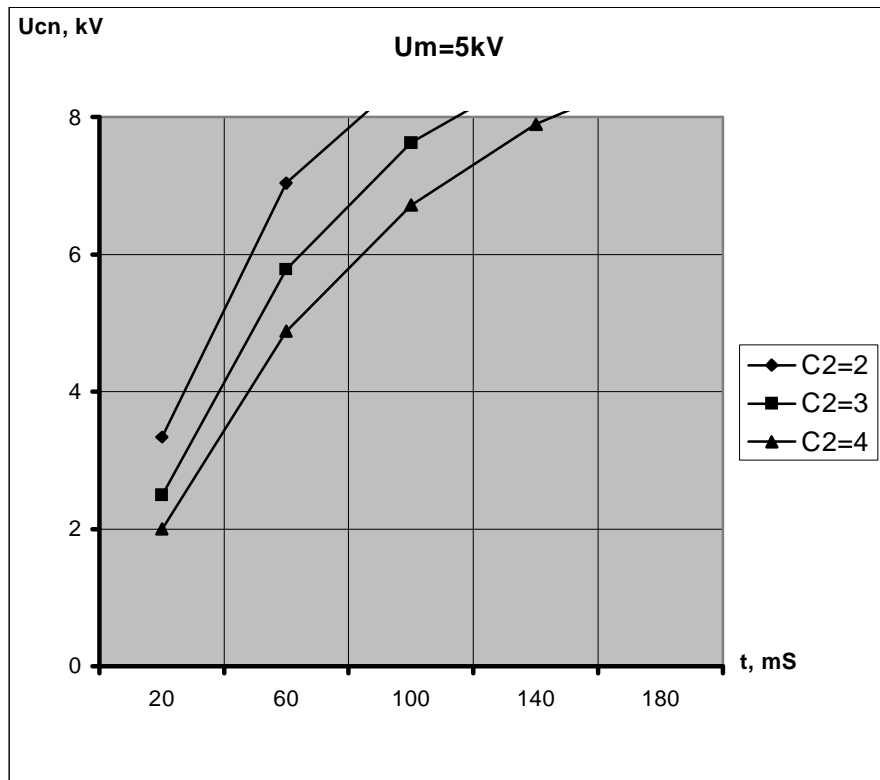


Рис.3 Зависимость зарядного напряжения от времени при  $U_m=5, \text{kV}$

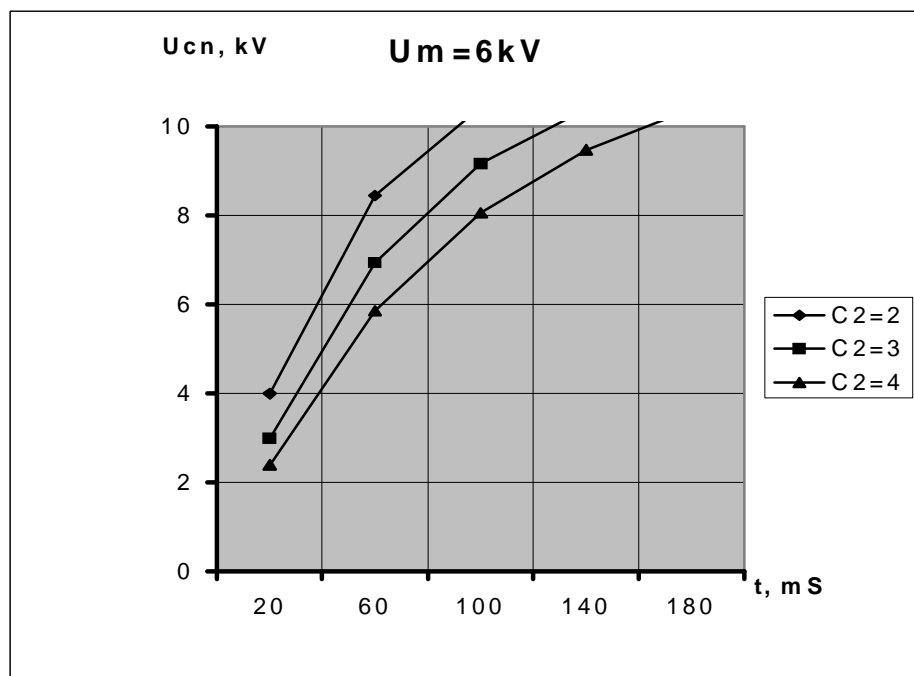


Рис.4 Зависимость зарядного напряжения от времени при  $U_m = 6 \text{kV}$

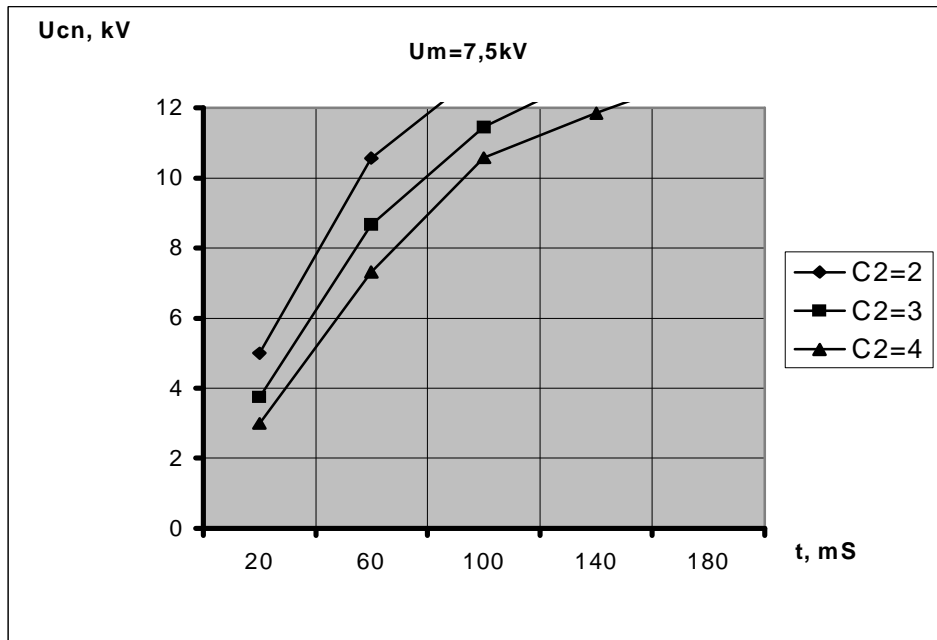


Рис.5 Зависимость зарядного напряжения от времени при  $U_m = 7,5$  kV

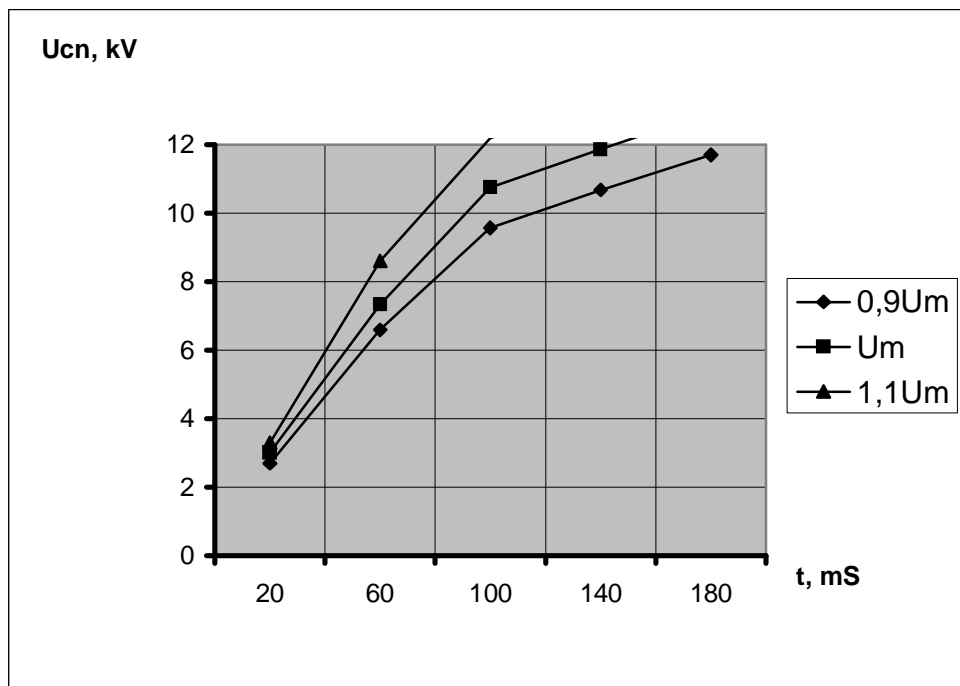


Рис.6 Зависимость зарядного напряжения от времени при  $C_2 = 4\mu\text{F}$ ,  $U_m = 7,5$  kV

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Разработана и экспериментирована система управления разрядом в жидкой среде, исследован заряд в удвоителе с емкостным ограничением тока, предложена система стабилизации зарядного напряжения – путем выключения входного питающего напряжения при определенной стоимости напряжения на рабочем конденсаторе и его дополнительной стабилизации параллельным стабилизатором с непрерывным действием. Экспериментально исследован и разрядный контур, в котором частота разрядных импульсов определяется управляемым разрядником.

Система экспериментирована при очищении труб теплообменников с диаметром 12 и 32mm и длиной от 2 до 5m.

Возможно использование, как для металлических, так и для неметаллических труб. При металлических труб разряд осуществляется между жилой коаксиального провода и трубы, а при неметаллических труб – между жилой и оплеткой провода.

## **ЛИТЕРАТУРА**

- [1] Волков И.В., Вакуленко В.М. Источники электропитания лазеров, Техника 1976г.
- [2] Пентетов И.В. Основы теории зарядных цепей емкостных накопителей энергии, Наукова думка 1982 г.