

государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева". – EDN НВНРАХ.

3. Belov, S. I. Analysis of a computer model of a power supply system for agricultural consumers in a single-phase ground fault mode / S. I. Belov, A. A. Tsedyakov, M. M. Galkin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Smolensk, 25 января 2021 года. – Smolensk, 2021. – P. 052019. – DOI 10.1088/1755-1315/723/5/052019. – EDN PRWVTB.

4. Загинайлов, В.И. Опыт эксплуатации солнечной электростанции в Московской области / В. И. Загинайлов, О. В. Лештаев, Т. А. Мамедов, А. А. Самсонов // Доклады ТСХА : Материалы международной научной конференции, Москва, 05–07 декабря 2017 года. Том Выпуск 290, Часть 2. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2018. – С. 181-183. – EDN ХОАОНV.

УДК 663.2

НОВЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРООЗОНАТОРА

Рабонец Александр Вячеславович, Магистрант кафедры электротехники и электроснабжения имени академика И. А. Будзко ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Нормов Дмитрий Александрович, профессор кафедры электротехники и электроснабжения имени академика И. А. Будзко ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: Промышленность нашей страны не обеспечивает производство малогабаритных, мобильных, качественных генераторов озона средней производительности, которые можно использовать в различных технологических процессах АПК.[1] Таким образом, необходимо развитие промышленности для производства качественных генераторов озона средней производительности, которые будут полезны в различных областях сельского хозяйства. Благодаря таким установкам можно повысить урожайность сельскохозяйственных культур, улучшить качество почвы и воды, а также применять в других технологических процессах. [2] Озоногенерирующей установкой такой производительности является озонатор с источником питания, который был разработан на кафедре электроснабжения и электротехники им.академика И,А, Будзко.

Ключевые слова: электроозонатор, альтернативные источники энергии, очистка воды, очистка воздуха.

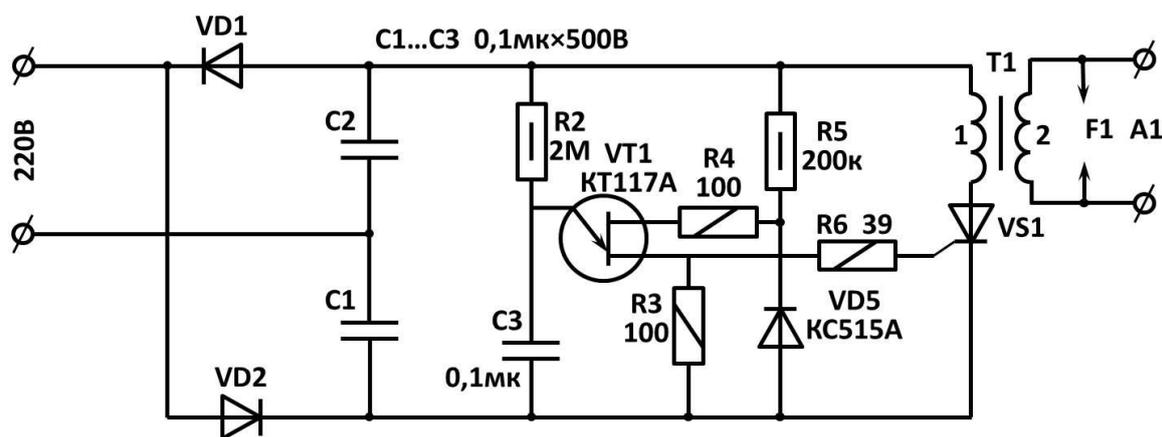


Рис. 1 Существующая принципиальная электрическая схема электроозонатора

Точкой опоры в разработке новой электрической схемы источника питания электроозонатора стала существующая схема, приведённая на рисунке 1.

Проведём сравнения характеристик и показателей разработанного источника питания (рис.2) и существующего. Все измерения и снятие осциллограмм производились с использованием цифрового осциллографа АСК2022 (НПО «Актаком» г. Москва) и цифровым измерительным прибором М838.

Электрические параметры существующего и разработанного источников питания представлены в таблице 1.

Таблица 1

Электрические параметры источника питания

Измеряемый электрический параметр	Существующий источник питания	Разработанный источник питания
Напряжение питания $U_{п}$, В	220	220
Потребляемый ток $I_{п}$, А	1,15-1,42	0,3-0,71
Потребляемая мощность P , Вт	250-320	70-150
Частота f , Гц	50-100	318-620

Несмотря на кажущееся противоречие - амплитудное значение рабочего тока катушки зажигания достигает 4 А, а потребляемый ток находится в пределах 0,3-0,71 А, оно вполне объяснимо: напряжение питания катушки 30 В, а потребляемая ей мощность:

$$P = U_{30} \times I_{ср} \quad (1)$$

где $I_{ср}$ - среднее значение тока, поскольку процесс импульсный, к тому же, часть запасаемой катушкой энергии отбирается с конденсатора С3 ёмкостью 4400 мкФ, а не со вторичной обмотки трансформатора.

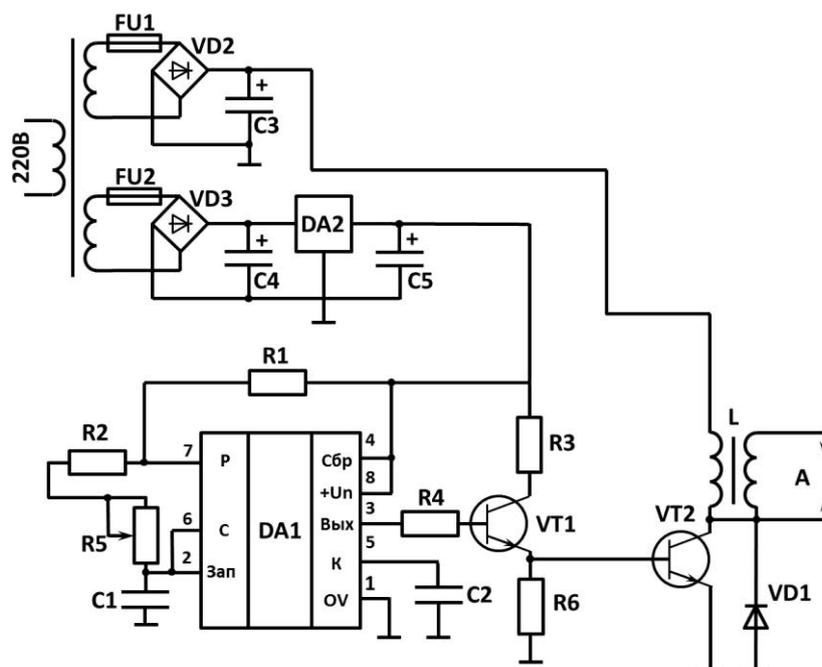


Рис.2 Разработанная принципиальная электрическая схема электроозонатора

Ещё одним существенным преимуществом разработанного источника питания является то, что с ростом частоты импульсов, т.е. частоты барьерного разряда в разрядном промежутке и, как следствие, увеличение производительности по озону, снижается величина потребляемого тока сети. [3]

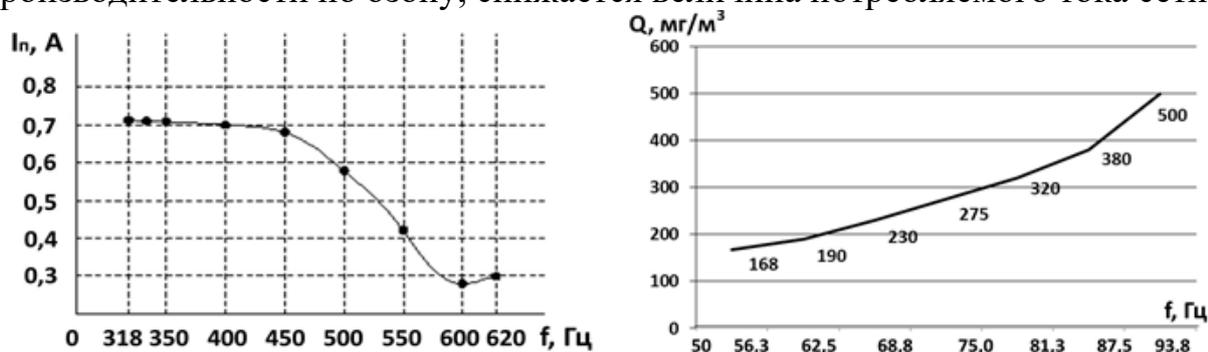


Рис. 3 Зависимость потребляемого тока от частоты, Зависимость концентрации озона от частоты

Таким образом, чем выше частота, тем меньше ток переходного процесса и потребляемая мощность. В действующем источнике питания скорее всего предусмотрены механизмы, которые компенсируют это изменение и поддерживают стабильное потребление мощности.

При изучении подробных процессов, происходящих в узлах источников питания, особенно в связи с амплитудным значением напряжения, возникающим из-за эдс самоиндукции на аноде тиристора vs1 (рис.1) и коллекторе транзистора vt2 (рис.2), можно обнаружить существенные различия. Осциллограмма напряжения на аноде тиристора vs1 представлена на рис.3. Амплитуда напряжения на частоте 100 Гц не превышает 210-220 В, и в течение приблизительно 5-6 мс генератор озона не активен, что означает отсутствие

полезного потребления энергии и разряда. На рис.3 показана осциллограмма амплитуды напряжения на коллекторе транзистора v_{t2} разработанного источника питания при частоте 600 Гц.

Импульс яркий и четкий, без колебаний, не происходит задержек между разрядами, и отсутствует отрицательный скачок напряжения, который может вызвать дополнительное расходование энергии на бесконтактном выключателе, что, в свою очередь, может повредить транзистор. На графике (рис.3) можно заметить некоторое неравенство амплитуд соседних импульсов, которое не превышает 200 В из-за ограничений цифровой измерительной техники. При увеличении разрешающей способности экрана осциллографа до 10 нс/дел амплитуда напряжения достигает 700-900 В (это напряжения на первичной цепи, обусловленные самоиндукцией). [4] На графике (рис.3) показан один из импульсов напряжения.

Разная амплитуда этих напряжений и вызывает неравенство амплитуд на осциллограмме рис.3. Такого явления не наблюдалось при рассмотрении тиристорной схемы источника питания. Осциллограмма не приводится, в силу того, что при наносекундной развёртке на дисплее осциллографа не умещается даже треть периода колебаний.

Ещё один параметр, подвергавшийся сравнению, это значение и форма протекающего через бесконтактный ключ тока. На рис.3 представлена осциллограмма, снятая с шунтирующего резистора значением $R_{ш}=0,1$ Ом, включенного последовательно тиристоры.

Значение тока, как и напряжения, периодически меняет знак, что вызывает дополнительные потери энергии и мощности, как в самой катушке зажигания, так и в тиристоре, вызывая тем самым их нагрев. На осциллограмме, снятой с разработанного источника питания несколько иная картина, практически полностью совпадающая с расчётами. На рисунке 8 изображен ток катушки зажигания при частоте 318 Гц. Обратные всплески тока практически отсутствуют, что означает, что катушка зажигания работает в номинальном режиме, потребляя энергию для создания барьерного разряда. Производительность озоногенирующей установки, построенной на основе тиристорного источника питания, составляет 8,48 г/ч при расходе воздуха 16,96 м³/ч. На рис.2 представлена зависимость концентрации озона от частоты.

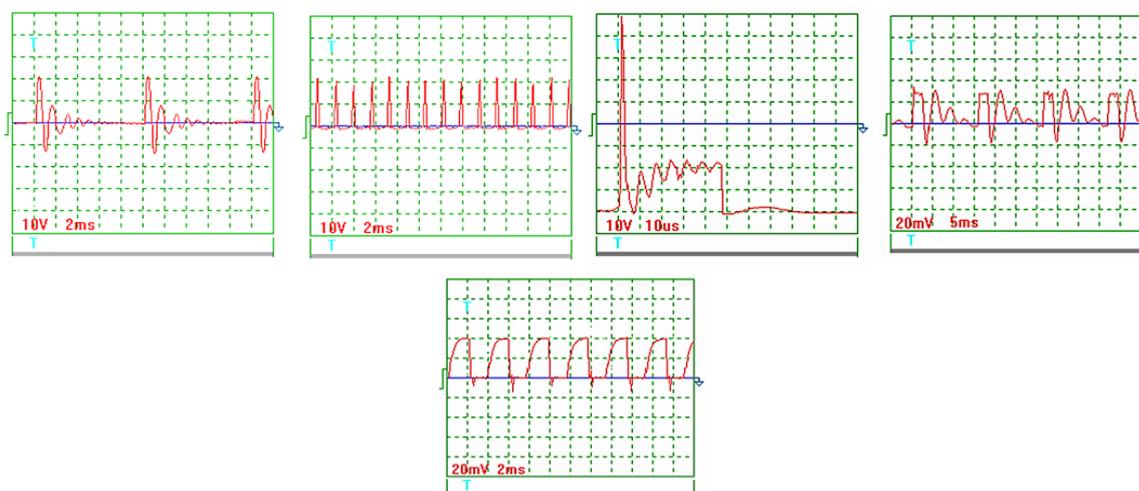


Рис. 4 Слева направо: Осциллограмма на аноде VS1, $f=100$ Гц (делитель осциллографа кратен 1×10), Осциллограмма на коллекторе транзистора, $f=600$ Гц (делитель осциллографа кратен 1×10), Осциллограмма на коллекторе транзистора VT1, $f=600$ Гц (делитель осциллографа кратен 1×10) Осциллограмма формы тока, $f=60$ Гц (делитель осциллографа кратен 1×10), Осциллограмма формы тока, $f=318$ Гц (делитель осциллографа кратен 1×10).

Учитывая все превосходства разработанной схемы источника питания генератора озона, а так же форму зависимости, показанной на можно сделать вывод, что заменив источник питания, и не внося никаких иных конструктивных изменений в озоногенерирующую установку, и при аналогичных условиях, получим увеличение концентрации озона приблизительно в 5-7 раз. Это позволит значительно расширить применение этого оборудования в технологических процессах АПК.

Библиографический список:

1. «Устройство для стимуляции семян» *Навроцкая Л.В., Лештаев О.В., Навроцкая С.Р.* В сборнике: Доклады ТСХА. 2021. С. 30-33.
2. «Повышение энергоэффективности производства продукции сельскохозяйственными предприятиями» *Загинайлов В.И., Стушкина Н.А., Лештаев О.В., Овсянникова Е.А., Мамедов Т.А.* Вестник АПК Верхневолжья. 2022. № 3 (59). С. 54-64.
3. «Анализ датчиков тока для релейных защит и режимов замыканий на землю сельских распределительных сетей 6-10 кв» *Цедяков А.А.* В сборнике: ДОКЛАДЫ ТСХА. 2021. С. 39-42.
4. «Improving reliability of power supply facilities in agro-industrial sector» *Zaginaylov V., Mamedov T., Stushkina N., Leshtayev O., Rtishcheva N.* E3S Web of Conferences. 2023. T. 371. С. 03041.