

УДК 621.365.5

М.Д. НИКОЛАЕВ, магистрант (СГТУ)
Научный руководитель И.И. АРТЮХОВ, д.т.н., профессор (СГТУ)
г. Саратов

СВЧ-УСТАНОВКА КОНВЕЙЕРНОГО ТИПА ДЛЯ ТЕРМООБРАБОТКИ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

СВЧ-нагрев и сушка материалов имеют неоспоримые преимущества перед другими видами обработки, а именно: высокая скорость протекания технологического процесса, безынерционность теплового процесса, малые загрязнения окружающей среды, причем сам нагрев происходит в глубине обрабатываемого материала, а не по поверхности [1, 2]. Высокий спрос на СВЧ электротехнологические установки и требования федерального закона №261 об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности задают тенденцию на развитие новых, более энергоэффективных источников питания для магнетронов [3].

Предлагаемая конструкция СВЧ-установки конвейерного типа для термообработки различных материалов изображена на рис. 1.

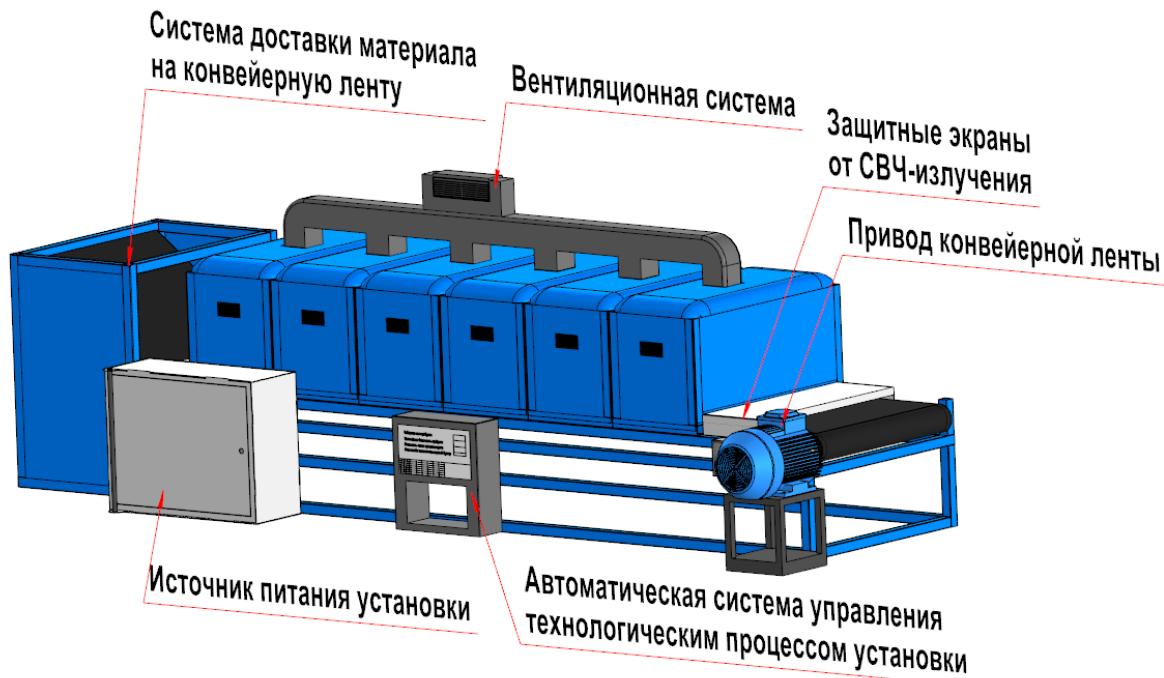


Рис. 1. Конструкция СВЧ-установки конвейерного типа

Установка содержит шесть СВЧ-камер лучевого типа, оснащенных магнетронами TOSHIBA E3328 с номинальной мощностью 3 кВт [4]. СВЧ-

V Всероссийская (с международным участием) молодежная научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»

311-2

20-22 октября 2022 года

колебания воздействуют на обрабатываемый объект с частотой 2450 МГц, который передвигается по конвейерной ленте установки. Частота была выбрана исходя из расчетов глубины проникновения электромагнитной волны в обрабатываемый материал (зерно, кусочки фруктов, овощи, травы и т.д.).

Каждый магнетрон в данной установке имеет свой отдельный источник питания. Такая реализация электропитания магнетронов позволяет установке работать бесперебойно даже в случае выхода из строя одного из СВЧ-генератора. Технологический процесс замедлится, но не прервется.

Схема электропитания магнетрона показана на рис. 2. Она представляет собой существенно переработанную версию источника питания, теория работы которого изложена в [5]. При построении предлагаемой схемы использован принцип промежуточного звена повышенной частоты.

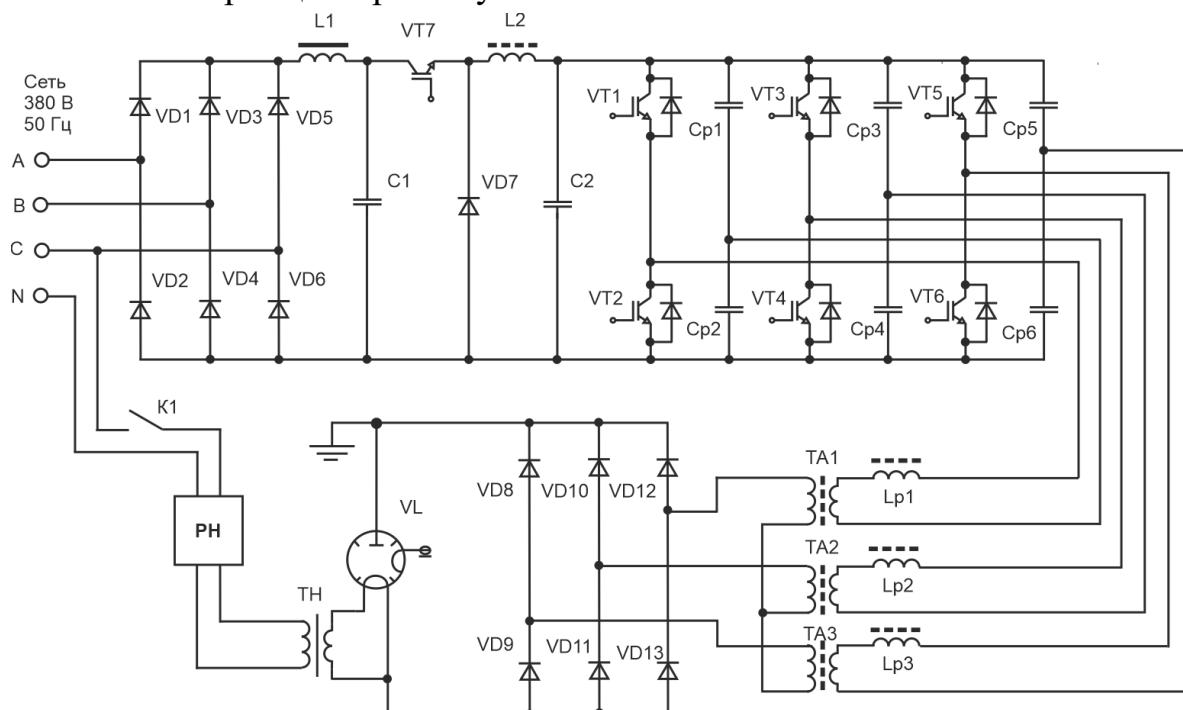


Рис.2. Схема электропитания магнетрона с промежуточным звеном повышенной частоты

Напряжение сети 380 В / 50 Гц вначале выпрямляется диодами VD1 – VD6 и через сглаживающий фильтр L1-C1 подается на импульсный регулятор постоянного напряжения, который содержит силовой ключ VT7, диод обратного тока VD7 и фильтр L2-C2. Далее напряжение поступает на инвертор, которые собран на IGBT-модулях VT1 – VT6 и формирует колебания с частотой 33 кГц. Конденсаторы Cp1 – Cp6 и дроссели Lp1 – Lp6 обеспечивают работу инвертора в квазирезонансном режиме. Выходное напряжение инвертора трансформаторами TA1 – TA3 повышается до величины, которое позволяет получить на выходе высоковольтного выпрямителя VD8 – VD13

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

311-3

20-22 октября 2022 года

постоянное напряжение порядка 4,5 кВ, необходимое для питания анодной цепи магнетрона VL. Накал катода осуществляется от трансформатора TH, который запитывается через регулятор напряжения RH и подключается к сети через коммутатор K1. Регулятор напряжения необходим для изменения тока накала в зависимости от анодного тока магнетрона.

Необходимость применения импульсного преобразователя напряжения обусловлена тем, что магнетрон имеет ярко выраженную нелинейную вольт-амперную характеристику. Причем на рабочем участке характеристики, который начинается с порогового напряжения, магнетрон имеет достаточно низкую величину динамического сопротивления. Небольшие отклонения напряжения на участке анод – катод магнетрона сопровождаются значительными изменениями его анодного тока и выходной мощности соответственно.

За счет широтно-импульсной модуляции (ШИМ) можно изменять величину напряжения, подаваемого на инвертор. Это позволяет регулировать амплитуду выходного напряжения инвертора и, соответственно, величину напряжения на анодной цепи магнетрона. Применением ШИМ для управления ключами инвертора можно изменять действующее значение его выходного напряжения, однако амплитуда при этом остается постоянной.

Предлагаемая схема электропитания магнетрона позволяет плавно регулировать его выходную мощность широком диапазоне. Это дает возможность, в сочетании с регулируемым электроприводом конвейерной ленты, осуществлять термообработку широкой номенклатуры материалов при различной величине исходной влажности. При этом массогабаритные показатели источника питания магнетронов существенно лучше, чем у традиционной схемы, работающей на частоте 50 Гц за счет радикального уменьшения массы и габаритов повышающего трансформатора. Для сравнения укажем, что масса повышающего трансформатора на 50 Гц мощностью 5 кВА составляет около 100 кг. Трансформаторы ТА1 – ТА3 повышенной частоты при такой же мощности имеют массу порядка 7 кг.

Список литературы:

1. Архангельский, Ю.С. Справочная книга по СВЧ электротермии: справочник: учебное пособие / Ю.С. Архангельский. – Саратов: Научная книга, 2011. – 560 с.
2. Промышленное применение СВЧ-нагрева / О. Морозов, А. Каргин, Г. Савенко и др. // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. – 2010. – № 3. – С. 2-6.

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

311-4

20-22 октября 2022 года

3. Артюхов И.И. Направления совершенствования мультигенераторных СВЧ электротехнологических установок / И.И. Артюхов, А.И. Земцов // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2011. – Т.1. – № 3(54). – С. 149-154.

4. TOSHIBA Industrial Magnetron 2M164. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.hokuto.co.jp/eng/products/ind_magnetron/pdf/2M164_E.pdf

5. Артюхов И.И. Имитационная модель регулируемого источника анодного напряжения для пакетированного магнетрона промышленного назначения / И.И. Артюхов, А.И. Земцов, Е.С. Гордеев // Вопросы электротехнологии. – 2016. – №4(13). – С. 33-38.

Информация об авторах:

Николаев Михаил Денисович, магистрант, СГТУ имени Гагарина Ю.А., 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77, ni.misha2012@yandex.ru

Артюхов Иван Иванович, д.т.н., профессор, СГТУ имени Гагарина Ю.А., 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77, ivart54@mail.ru