

## **ОСОБЕННОСТИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ В МИКРОВОЛНОВОЙ ПЕЧИ**

Микроволновая печь является установкой электрического нагрева, однако процесс преобразование электрической энергии обладает своими особенностями. Нагрев в такой печи происходит за счёт взаимодействия нагреваемых тел с электромагнитными волнами высокой частоты. Электромагнитная волна – это переменное электромагнитное поле, распространяющееся в пространстве. Излучение электромагнитных волн протекает только при ускоренном движении электрических зарядов. Действительно, ускорение заряженной частицы можно определить по второму закону Ньютона, согласно которому ускорение тела равно отношению суммы сил, действующих на частицу к его массе. На электрон действует сила, равная произведению заряда электрона на напряжённость электрического поля. Выражение для второго закона Ньютона примет вид:

$$a = \frac{F_k}{m} = \frac{qE}{m}.$$

Напряжённость электрического поля пропорциональна ускорению излучающей заряженной частицы. Объёмная плотность энергии электромагнитного поля складывается из объёмной плотности электрического и магнитных полей, которые в любой момент времени оказываются равны друг другу:

$$\psi_{\text{эм}} = \psi_{\text{эл}} + \psi_{\text{маг}} = 2\psi_{\text{эл}}.$$

Объёмная плотность энергии электромагнитного поля, таким образом, примет вид:

$$\psi_{\text{эм}} = \epsilon_0 e E^2, \text{ где}$$

$\epsilon$  - диэлектрическая проницаемость среды;

$E$  - напряженность электрического поля.

Оказывается, что энергия излучающей электромагнитной волны

пропорциональна квадрату ускорения заряженной частицы.

Для излучения СВЧ-волн применяют специальные устройства – магнетроны, в которых происходит ускорение движущихся электрических зарядов. Магнетрон [от греч. *magnetis* — магнит и электрон], в первоначальном и широком смысле слова — коаксиальный цилиндрический диод в магнитном поле, направленном по его оси; в электронной технике — генераторный электровакуумный прибор СВЧ, в котором взаимодействие электронов с электрической составляющей поля СВЧ происходит в пространстве, где постоянное магнитное поле перпендикулярно постоянному электрическому полю.

В простейшей конструкции многорезонаторного Магнетрона анодный блок представляет собой массивный медный цилиндр с центральным круглым сквозным отверстием и симметрично расположенными сквозными полостями (от 8 до 40), выполняющими роль объёмных резонаторов. Каждый резонатор соединяется щелью с центральным отверстием, в котором расположен катод. Резонаторы образуют кольцевую колебательную систему. Такая система имеет не одну, а несколько резонансных частот, при которых на кольцевой колебательной системе укладывается целое число стоячих волн от 1 до  $N/2$  (где  $N$  — число резонаторов). Наиболее выгодным является вид колебаний, при котором число полуволн равно числу резонаторов (так называемый пи-вид колебаний). Этот вид колебаний назван так потому, что напряжения СВЧ на двух соседних резонаторах сдвинуты по фазе на  $\pi$  радиан.

Катод представляет собой вольфрамовую пружину, нагреваемую до температуры электрической эмиссии. В многорезонаторном Магнетроне на электроны, движущиеся в пространстве между катодом и анодным блоком, действуют 3 поля: постоянное электрическое поле, постоянное магнитное поле и электрическое поле СВЧ (резонаторной системы). При перемещении электронов в радиальном направлении (от катода к аноду) энергия источника анодного напряжения преобразуется в кинетическую энергию электронов.

Под влиянием постоянного магнитного поля, направленного по оси катода (перпендикулярно постоянному электрическому полю), электроны изменяют направление движения: их радиальная скорость переходит в тангенциальную, перпендикулярную радиальной. Так как часть электрического поля СВЧ через щели резонаторов проникает в пространство анод — катод, то электроны при движении в тангенциальном направлении тормозятся

тангенциальной составляющей электрического поля СВЧ, и поэтому их энергия, полученная от источника постоянного напряжения, преобразуется в энергию колебаний СВЧ. Поле СВЧ дважды за период колебаний меняет направление. Для непрерывного торможения электронов необходимо, чтобы они от одного резонатора к соседнему (в тангенциальном направлении) перемещались за полпериода. Такой синхронизм между перемещением электронов и тормозящим электрическим полем СВЧ является основным принципом работы многорезонаторного магнетрона. Электроны, которые попадают в ускоряющее поле СВЧ, увеличивают свою кинетическую энергию и выпадают из синхронизма. Они либо возвращаются на катод, либо попадают в тормозящее поле СВЧ и снова входят в синхронизм.

Магнетрон начинает работать, когда анодное напряжение достигает значения, соответствующего началу синхронизма. Питание магнетрона осуществляется от трансформатора по следующей схеме (рис. 1).

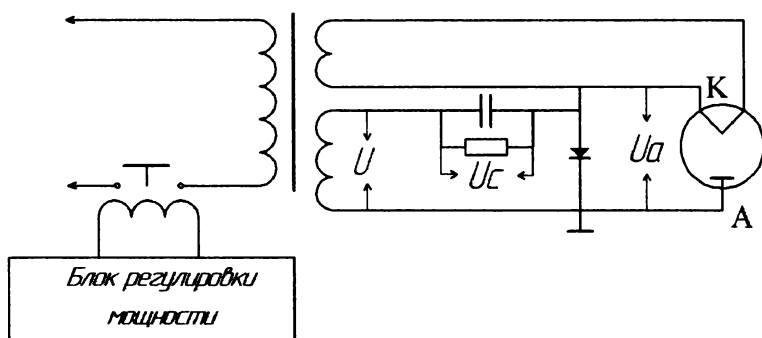


Рис. 1. Схема питания макнетрона:  $U$  – напряжение питания рабочей цепи магнетрона;  $U_C$  – напряжение конденсатора;  $U_a$  – анодное наяржение; К – катод; А – анод

Напряжение на выводах магнетрона будет изменяться от  $-U$  до  $+U$ . В моменты, когда напряжение, подаваемое на магнетрон положительно, диод открыт. Напряжение на магнетроне будет равно нулю, а конденсатор будет заряжаться до амплитудного значения генераторного напряжения. Во втором полупериоде диод оказывается заперт и на магнетрон подаётся отрицательное напряжение, равное сумме напряжений трансформатора и зарядившегося конденсатора.