

621.38 (07)
М 545

№ 3013



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ТАГАНРОГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

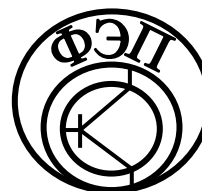
КАФЕДРА МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ
БОЛЬШИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

**ПО КУРСУ
БЫТОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА**

Микроволновые печи

Для студентов специальности 200800



Таганрог 2001

УДК 621.38: 64 (07.07)

**Мирошниченко Сергей Петрович
Поляков Вадим Витальевич**

Составители: С.П. Мирошниченко, В.В. Поляков

Методическое пособие по курсу «Бытовая электроника». Микроволновые печи. Таганрог: Изд – во ТРТУ, 2000. 38с.

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
ПО КУРСУ
«БЫТОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА» МИКРОВОЛНОВЫЕ ПЕЧИ

Для студентов специальности 200800

В пособии описана микроволновая техника, рассмотрены основные принципы работы СВЧ печей, приведены современные образцы. Методическое пособие предназначено для изучения курса «Бытовая электроника» студентами специальности 200800, а также может быть полезно студентам других специальностей.

*Ответственный за выпуск Мирошниченко С.П.
Редактор Белова Л.Ф.
Корректор Пономарёва Н.В.*

Рецензент Е.Т. Замков., кандидат технических наук, доцент кафедры КЭС, ТРТУ.

ЛР №020565 от 23 июня 1997г. Подписано к печати _____
Формат 60×84 $\frac{1}{16}$. Бумага офсетная
Печать офсетная. Усл. п. л. 2,4. Уч.–изд. л.–2,7
Заказ № _____ Тираж 100 экз.
«С»

Издательство Таганрогского государственного
радиотехнического университета
ГСП 17 А, Таганрог, 28, Некрасовский, 44
Типография Таганрогского государственного
радиотехнического университета
ГСП 17 А, Таганрог, 28, Энгельса, 1

36	C3	Конденсатор электролитический 3300 мкФ
37	C4	Конденсатор электролитический 1000мкФ
38	C5,C6	Конденсатор 0.1 мкФ
39	C7	Конденсатор 68 пф
40	C8	Конденсатор 220 пФ
41	CR	Резонатор пьезоэлектрический 5038
42	BUZZER	Звонок пьезокерамический
43	HG,	Индикатор люминесцентный 6MS-13ZK
44	L.V.T.	Трансформатор 230V/12V/10.1 V/1.2V

ВВЕДЕНИЕ

Микроволновая печь в домашних условиях используется для быстрого приготовления пищи, подогревания готовых блюд и размораживания продуктов. В отличие от газовых и электрических плит и духовых шкафов в микроволновой печи для тепловой обработки продуктов используется энергия электромагнитных колебаний сверхвысокой частоты (СВЧ-волн), генерируемых магнетроном. Используемый в микроволновой печи принцип нагрева обеспечивает высокие вкусовые качества блюд, полностью сохраняет витамины, исключает пригорание, продукты меньше обезвоживаются, не увариваются и не ужариваются. Времени на приготовление различных блюд с помощью микроволновой печи уходит в 4–8 раз меньше, чем при готовке, например, на газовой плите. При этом ни сама печь, ни окружающее её пространство не нагреваются, при работе печи не выделяются никакие продукты сгорания или запахи – воздух в кухне остаётся всегда чистым.

Рабочая камера печи устроена таким образом, что СВЧ-волны, генерируемые магнетроном, свободно распространяются во всём объёме камеры, многократно отражаясь от стенок и дна её, и одинаково прогревают пищу со всех сторон. Проникая в продукт СВЧ-волны, ослабляются, поэтому наружные слои обрабатываемого продуктагреваются несколько быстрее внутренних. Это позволяет готовить, например, различные мясные блюда слабо-, средне- и сильнопрожаренные.

1. МИКРОВОЛНОВАЯ ПЕЧЬ

1.1. Основные узлы микроволновой печи

1.1.1. Обобщенно, микроволновая печь состоит из металлической камеры для приготовления пищи, снабжённой дверцей. Внутри камеры находится вращающийся столик для равномерного нагревания пищи с электроприводом. Микроволновая энергия поступает в камеру от магнетрона, находящегося в верхней части камеры и прикрытого диэлектрическим окном из радиопрозрачного материала. Магнетрон в ходе работы охлаждается вентилятором. Микроволновая энергия поступает в камеру через волновод, а тёплый воздух через воздухопровод, а далее вместе с паром наружу через специальные неизлучающие отверстия. Высоковольтный блок питания состоит из трансформатора, конденсатора и диода. Также используются микропереключатели, для того чтобы не допустить работу микроволновой печи с открытой дверцей. Освещение в камере осуществляется лампой накаливания, которая находится в воздуховоде. Режим работы задаётся с помощью блока управления, выполненного на основе микроконтроллера. Для предотвращения наводок во внешнюю цепь используется сетевой фильтр. Для предотвращения выхода из строя печи от перегрева на магнетроне имеется термореле.

1.1.2. Камера микроволновой печи. Основная проблема, возникающая в камере печи – это неравномерность нагревания продукта. Камера представляет собой резонатор, в котором распространяются колебания микроволновой энергии

в виде стоячих волн. Особенностью стоячих волн является наличие пространственных максимумов и минимумов электрического поля. Таким образом, в камере существуют точки, в которых напряжённость равна нулю. То есть, при работе на одном виде колебаний в некоторых местах продукт будет подгорать, а в некоторых будет оставаться холодным. Камера микроволновой печи работает на высших видах колебаний, количество которых может быть достаточно велико. По мере удаления от основной частоты плотность видов колебаний возрастает, стремясь в бесконечности к сплошному спектру. Для равномерного нагрева желательно иметь как можно больше видов колебаний вблизи рабочей частоты. Достичь этого можно при фиксированной частоте, несколькими путями. Один из них – увеличение размеров камеры. В данном случае основной вид колебаний и все последующие смещаются в область низких частот, а на рабочей частоте окажутся более плотно расположенные высокочастотные виды колебаний. Загрузка камеры приводит к такому же результату. Это объясняется тем, что продукты питания, примерно на 80% состоящие из воды, имеют большую диэлектрическую проницаемость. А при заполнении резонатора диэлектриком с $\epsilon > 1$ его резонансные частоты смещаются в область более низких значений частот. При загрузке камеры снижается также и её добротность, что приводит к расширению рабочих частот и к увеличению рабочих видов колебаний.

Само по себе наличие большого количества видов колебаний ещё не обеспечивает равномерного нагрева. Суммарное электрическое поле, образованное суперпозицией всех видов колебаний, может быть очень сложным, но оно всё-таки будет содержать как максимумы, так и нулевые точки. При наличии поглощающей нагрузки, распределение полей в камере усложняется. Вместе с E и H видами появляются гибридные виды колебаний, характеризующиеся наличием составляющих магнитного и электрического полей по всем трём направлениям. Это способствует некоторому выравниванию температуры в различных точках камеры. Выравнивание температуры происходит также за счёт конвекции и теплопроводности. Но всего этого недостаточно для равномерного нагрева продукта. Положение исправляется, если имеющиеся виды колебаний включать поочередно.

Участки с максимальной и минимальной амплитудой смещаются в пространстве камеры и могут меняться местами. В результате каждый участок продукта в процессе приготовления пищи поочередно подвержен влиянию полей различной конфигурации и интенсивности. Микроволновая энергия, поступающая в камеру, поглощается продуктом сразу либо после её отражения от стенок. В результате продукт нагревается сразу со всех сторон. Но микроволновая энергия может поступать в выделенный объём различными путями. Напряжённость электрического поля будет являться векторной суммой полей, образованных волнами всех направлений. В процессе сложения учитывается не только численное значение напряжённости поля, но и пространственная ориентация. То есть суммарное поле может оказаться меньше, чем каждое из слагаемых.

ПРИЛОЖЕНИЕ

№ п/п	Позиционное обозначение	Наименование
1	IC1	Микроконтроллер MS6186
2	IC2	Микросхема 7809
3	Q1,Q2	Транзистор 2SC815Y
4	Q3	Транзистор А 953
5	Q4—Q6	Транзистор 2SC815Y
6	D1—D7	Диод 4001
7	D8—D23	Диод VS1040
8	ZD1	Стабилитрон 5.1 V, 1 W
9	ZD2	Стабилитрон 7.5 V, 0.5 W
10	R1,R2	Резистор 47 К
11	R3	Резистор 20 К
12	R4	Резистор 1.2 К
13	R5,R6	Резистор 10 К
14	R7,R8	Резистор 4.7 К
15	R10	Резистор 500 Ом
16	R11	Резистор 9.2 К
17	R12	Резистор 10 К
18	R13	Резистор 500 Ом
19	R14	Резистор 26 К
20	R15	Резистор 3.3 К
21	R16	Резистор 330 Ом
22	R17	Резистор 56 К
23	R18	Резистор 100 К
24	R19.R21	Резистор 10 К
25	R22	Резистор 100 К
26	R23	Резистор 47 К
27	R24, R25	Резистор 10 К
28	R26	Резистор 47 К
29	R27	Резистор 10 К
30	R28	Резистор 47 К
31	R29	Резистор 10 К
32	AR1,AR2	Набор резисторов 47 К
33	AR3	Набор резисторов 100 К
34	C1	Конденсатор электролитический 470 мкФ
35	C2	Конденсатор 0.1 мкФ

	4. Неисправен микроконтроллер	4. Заменить микроконтроллер
	5. Нет стабилизированного напряжения питающего микроконтроллер	5. Проверить стабилизатор и схему контроля напряжения
Нет нагрева	1. Неисправно реле на плате управления	1. Заменить реле
	2. Неисправен буферный усилитель между микроконтроллером и реле	2. Проверить буферный усилитель

Диапазон изменений будет колебаться от нуля до суммы амплитуд.

Для того чтобы поле равномерно проникало в продукт, нужны волны, идущие по разным направлениям, разделить во времени. Эту функцию в микроволновой печи выполняет диссектор и вращающийся столик.

Диссектор представляет собой несколько металлических лопастей различной конфигурации, закреплённых на общей оси, которые расположены вблизи от ввода СВЧ энергии. Принцип действия диссектора состоит в следующем: во время вращения он своими лопастями возмущает электромагнитное поле в том месте, где СВЧ энергия поступает в камеру. В результате некоторые из видов колебаний могут подавляться. При вращении диссектора условия возбуждения для различных видов энергии меняются в зависимости от взаимного расположения ввода и ближайших к нему лопастей. Поэтому спектр электромагнитных колебаний и структура поля постоянно меняются.

Достоинством диссектора является его простота конструкции и высокая надёжность. Недостаток – чем лучше условия для перемешивания поля, тем хуже условия согласования. Не рекомендуется регулировать диссектор без крайней необходимости, особенно в печах импортного производства, так как это может привести к непоправимым последствиям.

Приступать к ремонту следует при наличии явных неисправностей, такие как искрение, отсутствие вращения и слишком большая неравномерность нагрева. Причиной искрения может быть слишком большой наклон от оси вращения. Вращение диссектора в микроволновых печах осуществляется двумя способами: воздушным потоком от вентилятора и с помощью ременной передачи. Другим устройством, обеспечивающим равномерный нагрев, является вращающийся поддон.

Конструктивно он состоит из микродвигателя со встроенным редуктором, металлического поддона и муфты, снабжённой роликами. Неисправности поддона связаны в основном с выходом из строя микродвигателя. Но прежде нужно убедиться, что на двигатель подаётся питание и, что муфта не проворачивается.

В микродвигателях обычно встречаются две поломки: перегорание обмотки или обламывание зубьев шестерёнок. Обмотка двигателя представляет обычную катушку с тонким изолированным проводом. Двигатель содержит примерно 5000 – 6000 витков провода диаметром 0,03 мм. Иногда возникает искрение между поддоном и дном камеры. Это происходит вследствие разрушения эмали. Устранить искрение можно с помощью изоляции лаком или эмалью.

1.1.3. Дверца печи состоит из металлического каркаса, имеющего специально рассчитанный профиль. Каркас помещён в декоративную пластиковую оболочку. Для фиксации дверцы служат запоры и пружина. При закрытии дверцы запоры нажимают кнопки блокировочных микропереключателей, разрешая работу электрической схемы. При открытой или неплотно закрытой дверце, если кнопка хотя бы одного из микропереключателей не нажата, цепь разомкнута, и печь не включится.

Чтобы микроволновая энергия не проникала наружу, в дверце имеется

устройство, называемое СВЧ дросселем. Конструктивно он выполнен в виде паза по всему периметру. Излучение сквозь щель проходит только тогда, когда она обрывает линии СВЧ тока. Следовательно, нужно устранить поперечные СВЧ токи. Вследствие этого, паз располагается на расстоянии четверти длины волны от отверстия камеры. Его глубина также равна 1/4. Два отрезка по 1/4 каждый образуют полуволновую линию с коротким замыканием на конце. В короткозамкнутой полуволновой линии электромагнитное поле существует в виде стоячей волны. То есть пространственное распределение электрического и магнитного поля, а следовательно, и тока не меняется. При таких размерах паза и расстоянии от него до камеры выделение электромагнитной энергии в окружающую среду будет практически равно нулю.

1.1.4. Магнетрон является сердцем микроволновой печи. Излучение микроволновой энергии происходит от антенны, представляющей собой штенгель, на которую плотно посажен металлический колпачок (штенгель - заваренная трубка, через которую в процессе производства магнетрона был откачан воздух).

Антенна изолирована от корпуса, по переменному току, керамическим цилиндром. Внешний кожух магнетрона совместно с фланцем составляют магнитопровод, формирующий необходимое распределение магнитного поля, источником которого служат кольцевые магниты. Фланец служит также креплением магнетрона к печи.

Радиатор необходим для более интенсивного охлаждения магнетрона во время работы.

Коробка фильтра содержит внутри себя индуктивные выводы, которые вместе с проходным конденсатором образуют высокочастотный фильтр, снижающий проникновение СВЧ излучения по выводам питания.

Скорость приготовления пищи напрямую зависит от мощности магнетрона. Большинство магнетронов в наше время имеют мощность 700 – 850 Вт, что позволяет довести стакан воды до кипения за 2–3 минуты. Для более точных измерений можно воспользоваться формулой: $P=(C \times m \times \Delta T)/t$, где C – удельная теплоёмкость, ΔT – разность температур, t – время нагрева, а m – масса.

1.2. Конструкция и принцип действия основных узлов

1.2.1. Конструкция магнетрона. Магнетрон представляет собой вакуумный диод, анод которого выполнен в виде медного цилиндра, на внутренней стороне которого расположено чётное число резонаторов. В магнетронах микроволновых печей их десять. Форма резонаторов может быть различной, но они должны обладать следующими качествами:

- электрическое поле должно быть сосредоточено в зазоре резонатора;
- все резонаторы должны быть связаны между собой.

На рис. 1 показан разрез магнетрона. Резонаторы представляют собой секторы цилиндра. Чётные и нечётные перегордки между резонаторами соединены

2.2. Неисправности печей с электронным блоком управления

Все поломки и методы их устранения для микроволновых печей с электромеханическим управлением справедливы для печей с электронным блоком управления (за исключением поломок, связанных с таймером).

Проявление дефекта	Возможная причина неисправности	Методы устранения неисправности
Перегорает сетевой предохранитель	1. Пробит варистор на плате управления	1. Удалить варистор. Зачистить обугленные места
	2. Неисправен трансформатор на плате управления	2. Заменить трансформатор
Не работает клавиатура	1. "Залипание" одной из кнопок клавиатуры	1. См. В разделе о клавиатуре
	2. Нет стабилизированного напряжения, питающего микроконтроллер	2. Проверить стабилизатор и схему контроля напряжения
Не работает кнопка "ПУСК"	1. Нет сигнала микропереключателя о закрытии дверцы	1. Проверить соответствующий микропереключатель и поступление сигнала на микроконтроллер
	2. Неисправен формирователь синхронизирующих импульсов 50 Гц	2. Проверить формирователь импульсов
	3. Нет стабилизированного напряжения, питающего микроконтроллер	3. Проверить стабилизатор и схему контроля напряжения
Нет индикации	1. Неисправен трансформатор на плате управления	1. Заменить трансформатор
	2. Перегорел предохранитель на плате управления	2. Проверить схему на короткое замыкание. Заменить предохранитель
	3. Вышел из строя кварцевый резонатор	3. Заменить кварцевый резонатор

	2. Не работает двигатель таймера	2. Если на двигатель таймера поступает напряжение 220 В, а он не вращается, таймер необходимо заменить
Слабый нагрев продукта	1. Мала эмиссия катода в магнетроне	2. а) Заменить магнетрон б) Добавить полвитка на накальной обмотке трансформатора
	2. Напряжение в сети менее 200 В	2. Включать печь только при номинальном напряжении 220 В $\pm 10\%$
Очень неравномерный нагрев продукта	Не вращается диссектор	Обрывы пасика, соединяющего диссектор с двигателем вентилятора
Не вращается поддон	1. Обрыв обмотки двигателя	2. а) Заменить двигатель б) Перемотать обмотку
	2. Сломана шестерня в редукторе двигателя	2. Заменить двигатель
	3. Прокручивается муфта на валу двигателя	3. Заменить муфту
Искрение в камере	1. Используется посуда с металлизацией	1. Не использовать посуду с металлизацией
	2. Разрушение эмали на дверце камеры, в месте контакта с лицевой поверхностью	2. Закрасить повреждённые места тонким слоем лака
	3. Загрязнение или пробой керамических держателей, фиксирующий инфракрасный нагреватель гриля	3. Очистить керамический держатель от грязи и копоти

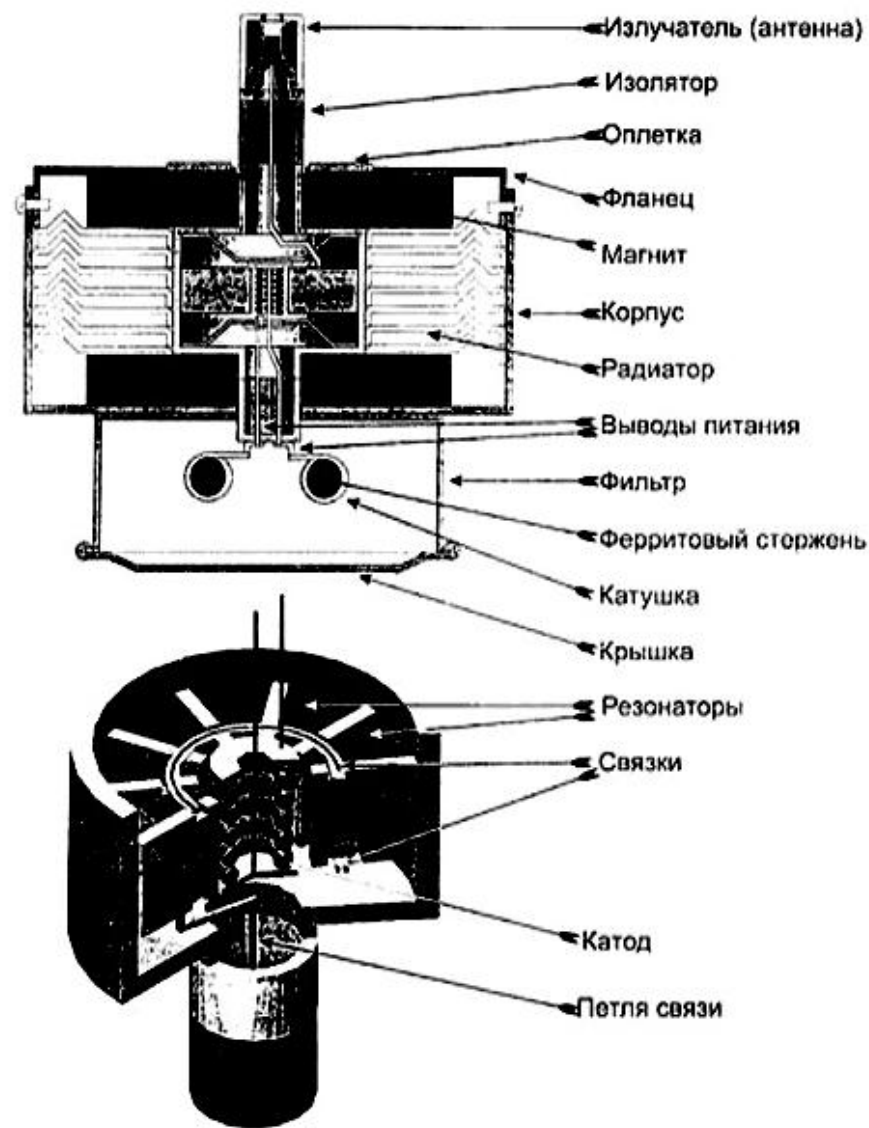


Рис. 1. Конструкция магнетрона микроволновой печи

связками. Катод представляет собой спираль из вольфрама. Для увеличения эмиссии, его поверхность имеет шероховатость. Выводы катода через металлокерамический переход и высокочастотный фильтр подключаются к внешнему разъему. Промежуток между катодом и анодом, называемый пространством взаимодействия, с торцов ограничен металлическими пластинами, препятствующими выходу электронов и СВЧ поля из этого пространства. Для отбора энергии вблизи одного из резонаторов подключается магнитная петля связи, которая через отрезок коаксиального волновода соединена с излучателем. Магнитное поле в пространстве взаимодействия создаётся двумя постоянными кольцевыми магнитами и магнитопроводом, в качестве которого служит фланец и корпус. Для более интенсивного охлаждения магнетрона анодный блок окружён радиатором. С целью снижения паразитного излучения в месте соединения магнетрона с внешней цепью имеется металлическая оплётка. СВЧ фильтр состоит из катушек индуктивности на ферритовом сердечнике и проходных конденсаторов.

1.2.2. Принцип действия магнетрона. Под влиянием ускоряющего электрического поля электроны стремятся лететь вдоль его силовых линий, то есть по радиусам от катода к аноду. Но как только они набирают некоторую скорость, постоянное магнитное поле начинает искривлять их траектории. Так как скорость электронов постепенно нарастает, то радиус этого искривления постепенно увеличивается. Поэтому траектория электронов представляет собой не дугу окружности, а более сложную кривую – циклоиду. Электроны при отсутствии колебаний пролетают близко к поверхности анода на различных расстояниях от него, в зависимости от начальной скорости. Поскольку в пространстве движется одновременно большое количество электронов, то можно считать, что вращается электронное облако в виде кольца. Скорость вращения электронного облака зависит от приложенного напряжения и поэтому может регулироваться. Чтобы при её увеличении электроны не попали на анод, одновременно необходимо увеличивать и напряжённость магнитного поля.

Все резонаторы сильно связаны между собой, поскольку магнитное поле каждого из них замыкается, проходя через смежные резонаторы. Переменное электрическое поле в магнетронных резонаторах сосредоточено в области щели, причём значительная его часть проникает в область взаимодействия. Движение электронного облака в пространстве взаимодействия наводит токи в резонаторах. Однако в первый момент увеличение амплитуды колебаний сдерживается тем, что движение электронов не синхронизировано, и в то время как одни электроны возбуждают колебания, отдавая им часть своей кинетической энергии, другие – эти колебания гасят.

Кроме того, если сдвиг фаз в соседних резонаторах не синхронизирован со скоростью электронов, то один и тот же электрон, отдавая энергию одному резонатору, будет её тут же отбирать у другого. Для нормальной работы магнетрона требуется, чтобы фазы соседних резонаторов были смещены на π – радиан. Такой вид колебаний называется р-видом.

Печь работает только в режиме максимальной мощности	1. Сломан микропереключатель таймера, управляющий режимом нагрева	1. Заменить микропереключатель
	2. Не работает таймер	2. а) Заменить таймер б) Возможно "залипание" соответствующих контактов таймера. Для устранения неисправности необходимо разобрать таймер и зачистить контакты
Работа печи сопровождается сильным гулом	1. Межвитковое замыкание в высоковольтном трансформаторе	1. а) Заменить трансформатор. Можно использовать любой трансформатор для микроволновой печи, рассчитанный на ту же мощность. б) Заменить вторичную обмотку трансформатора
	2. Вторичная обмотка высоковольтного трансформатора не плотно сидит на сердечнике	2. Обычно такое встречается в старых печах российского производства. Устранить имеющийся люфт
Перегревается корпус печи	Не работает или плохо вращается двигатель вентилятора	а) Заменить двигатель б) В большинстве случаев происходят из-за механических причин (перекокс между ротором и статором, попадание грязи в зазор между ними, поломка подшипников и т.п.)
Печь не включается после отработки установленного времени	1. Сломана одна из шестерней в редукторе таймера	1. Заменить таймер

	7. Пробит проходной конденсатор на магнетроне	7. Найти и заменить
	8. Внутреннее замыкание магнетрона	8. Заменить магнетрон. Новый магнетрон должен соответствовать старому по выходной мощности, длине антенны, крепёжным отверстиям и их ориентации относительно радиатора
Нет нагрева	1. Перегорел высоковольтный предохранитель	1. Некоторые печи имеют дополнительный предохранитель в высоковольтной цепи.
	2. Плохой контакт в накальной цепи магнетрона	2. Разъёмы накальной обмотки должны быть плотно посажены на клеммы магнетрона и снимаются с усилием. Слабый разъём, можно укрепить пассатижами.
	3. Напряжение питания в сети менее 200 В	3. Включать печь только при номинальном напряжении $220 \text{ В} \pm 10\%$
	4. Вышел из строя магнетрон	4. Заменить магнетрон. Новый магнетрон должен соответствовать старому по выходной мощности, длине антенны, крепёжным отверстиям и их ориентации относительно радиатора
	5. Сломан микропереключатель в таймере, управляющий режимом нагрева	5. Заменить микропереключатель
	6. Не включается промежуточное реле	6. Проверить напряжения на катушке реле. Если оно в пределах нормы, заменить реле

Чтобы способствовать возбуждению этого вида колебаний и препятствовать возбуждению остальных, в магнетроне используются металлические связки, которые соединяют между собой электрически чётные и нечётные резонаторы.

В какой-то момент в резонаторе возникли колебания нужного нам типа. И при правильно заданных режимах магнетрона эти колебания будут усиливаться за счёт автоматической группировки электронов. В любой точке пространства воздействия мы можем рассматривать СВЧ поле как сумму двух составляющих: радиальной – направленной по радиусу от центра магнетрона и перпендикулярной ей составляющей. Во всём пространстве, находящемся под отрицательным сегментом, радиальная составляющая направлена к катоду, а во всём пространстве под положительным сегментом она направлена к аноду (поле направлено в ту сторону, куда движется электрон). Границами, разделяющими эти пространства, являются плоскости, проходящие через ось магнетрона и середины щелей. Слева от этой плоскости радиальная составляющая будет ускорять электроны, поскольку она совпадает по знаку с постоянным анодным напряжением. Так как под влиянием магнитного поля направление скорости изменяется, то через некоторое время увеличение скорости в радиальном направлении превращается в увеличение скорости по направлению к плоскости. Поэтому электроны, находящиеся под положительным сегментом, догоняют электроны, находящиеся в плоскости, проходящей через ось магнетрона и середины щелей.

Электроны, находящиеся под отрицательным полюсом, тормозятся радиальной составляющей СВЧ поля, поэтому их скорость в направлении движения электронного облака снижается. В результате образуются области электронных скоплений, похожих на спицы. Эти спицы вращаются с такой скоростью, чтобы за половину периода проходить расстояние от одной резонаторной щели до другой.

В этом случае электроны, находящиеся в спицах, пролетая над щелями резонаторов, могут постоянно попадать в тормозящее поле касательной составляющей. То есть основная роль касательной составляющей СВЧ поля заключается в преобразовании кинетической энергии электронов в энергию колебаний, а основная роль радиальной составляющей заключается в преобразовании равномерного электронного облака в электронные скопления.

Движение электрона имеет два варианта: когда он находится в спице и когда он находится вне неё. При отсутствии СВЧ поля, вылетевший с катода электрон со скоростью, равной нулю, совершит круг вблизи анода и вернется на катод.

В первом случае, когда электрон находится в области спицы. Тогда, вылетев с катода, он будет разгоняться анодным напряжением и за счёт магнитного поля постепенно изменять направление движения. Влетев в тормозящее СВЧ поле, он отдаст ему часть своей кинетической энергии, и его скорость снизится. В результате ему не хватит оставшейся энергии, чтобы долететь обратно до катода. В какой-то момент он остановится, а затем вновь начнёт движение к аноду под воздействием анодного напряжения. Все предыдущие процессы повторятся, за

исключением того, что точкой начала движения будет не катод. В этом же духе будет проходить последующие циклы, пока, в конце концов, электрон не доберётся до анода. То есть электрон на пути к аноду проходит по сложной траектории несколько раз, отдавая энергию СВЧ полю.

Во втором случае, при других условиях электрон вылетел с катода в момент, когда он находился между спицами, то он попадает в ускоряющее СВЧ поле, и поэтому ему после первого разворота в магнитном поле вполне хватит энергии врезаться в катод. Избыток кинетической энергии выделится в виде тепла, приводя к дополнительному разогреву катода.

1.2.3. Характеристики магнетронов. Основными параметрами магнетронов являются рабочая частота, выходная мощность, КПД, рабочие токи и напряжения.

Частота магнетронов для микроволновых печей составляет 2450 МГц. Отклонение от этой частоты в ту или иную сторону может быть вызвано изменением анодного напряжения или параметрами нагрузки. Величина смещения частоты составляет несколько мегагерц. Мощность магнетронов лежит в пределах от 500 Вт, до 1 кВт, а КПД от 50% до 85% у наиболее удачных моделей. Анодный ток магнетронов для микроволновых печей составляет 250 – 300 мА.

1.2.4. Высоковольтный блок питания. Блок питания магнетрона должен обеспечивать подачу постоянного анодного напряжения $U=4,0$ кВ и переменного напряжения накала 3,15 В. Величина анодного тока составляет 300 мА, а тока накала 10 А. Конструктивно блок питания состоит из трансформатора, диода и конденсатора, собранного по схеме удвоения напряжения.

Один из выводов высоковольтной обмотки трансформатора соединён с его корпусом, который заземляется. Считается, что потенциал на этом выводе постоянен и равен нулю, тогда на втором выводе напряжение в течение периода будет изменяться от $+U$ до $-U$. В моменты времени, когда напряжение на выводе положительно, диод находится в открытом состоянии, напряжение на магнетроне равно нулю, а конденсатор будет заряжаться до амплитудного значения переменного напряжения. Когда напряжение поменяет свой знак, диод окажется в запертом состоянии, а на магнетрон попадает удвоенное напряжение, образованное суммой напряжения на трансформаторе и на зарядившемся конденсаторе. Так как в отрицательный полупериод напряжение на трансформаторе возрастает по синусоиде, от нуля до амплитудного значения, магнетрон начнёт генерировать мощность не сразу, а спустя некоторое время, после того как суммарное напряжение конденсатора и трансформатора достигнет некоторого значения (примерно 3,6 кВ). В этот момент начнётся генерация мощности, быстро нарастающая. Работа магнетрона будет сопровождаться постепенным разрядом конденсатора. В какой-то момент суммарное напряжение начнёт снижаться, выходная мощность пойдёт вниз, пока генерация полностью не прекратится. В следующий полупериод опять начнётся зарядка конденсатора и т.д.

Магнетрон работает только в отрицательный полупериод, отдыхая в

	3. Витковое замыкание в высоковольтном трансформаторе	3. а) Заменить трансформатор. Можно использовать любой трансформатор для микроволновой печи, рассчитанный на ту же мощность. б) Заменить вторичную обмотку трансформатора
При включении нагрева перегорает сетевой предохранитель	1. Повышенное напряжение питания в сети	1. Заменить предохранитель. Включать печь только при номинальном напряжении $220V \pm 10\%$
	2. Печь была включена без необходимой нагрузки	2. Заменить предохранитель. Следить, чтобы загрузка камеры была не менее 200 г влагосодержащих продуктов.
	3. Перегорел фьюз-диод	3. Заменить фьюз-диод
	4. Пробит высоковольтный диод	4. Заменить диод
	5. Межвитковый пробой в трансформаторе	5. а) Заменить трансформатор. Можно использовать любой трансформатор для микроволновой печи, рассчитанный на ту же мощность. б) Заменить вторичную обмотку трансформатора
	6. Дребезг контакта в цепи питания трансформатора. Наиболее вероятными местами, где возможен нестабильный контакт: реле, разъёмы, таймер и микропереключатели	6. Найти и заменить

Не открывается дверца камеры	1. Сломана нижняя защёлка дверцы	1. Снять кожух и отжать верхнюю защёлку. Новую защёлку можно изготовить самому, например, из органического стекла. Чтобы снять сломанную защёлку нужно предварительно вынуть пластмассовый вкладыш с внутренней стороны дверцы
	2. Сломан механизм отпираания дверцы	2. Починить сломанный механизм
При работе печи чувствуется запах гари не связанный с продуктом	1. Из-за включения печи при пониженной нагрузке произошёл пробой диэлектрика, отделяющего камеру от волновода	1. а) Заменить пробитую деталь. Для изготовления новой детали необходимо использовать материалы с низким коэффициентом диэлектрических потерь б) Снять пробитую деталь и зачистить обгоревшие места
	2. Произошёл пробой проходного конденсатора в магнетроне	2. а) Заменить проходные конденсатора б) Возможно включение магнетрона без проходных конденсаторов, если при этом уровень наружного излучения не превышает допустимых пределов. Для этого нужно снять крышку с фильтра магнетрона, удалить пробитые конденсаторы и подпаять накальные выводы трансформатора к катушкам индуктивности фильтра. Провода должны быть хорошо изолированы от корпуса магнетрона.

положительный. Фактически он работает меньше, чем полпериода, поскольку он включается только при достижении напряжения определённой величины и выключается раньше, чем напряжение станет равным нулю. Основным достоинством схемы удвоения является то, что снижается высокое напряжение на выходе трансформатора. Соответственно, уменьшается количество витков во вторичной обмотке, что позволяет снизить его вес, габариты и стоимость.

Накальная обмотка одним из выводов соединена с высоким анодным напряжением, поэтому на выводы магнетрона одновременно подаётся переменное напряжение накала 3,15 В и постоянное анодное напряжение 4,0 кВ. В действительности анод соединяется с корпусом магнетрона и его потенциал всегда равен нулю, а отрицательное рабочее напряжение подается на катод. Для нормальной работы магнетрона важно, чтобы анод имел положительный потенциал +4,0 кВ по отношению к катоду, а какой из электродов заземлён, не имеет значения. Поскольку корпус магнетрона непосредственно соединён с анодом, то он имеет нулевой потенциал.

В микроволновых печах управление мощностью осуществляется ступенчато, периодическим отключением блока питания, то есть регулируется средняя мощность за определённый цикл.

1.2.5. Блок управления выполняет две основные функции: поддержание заданной мощности и выключение печи по истечении установленного времени работы. Поскольку электронный блок управления содержится внутри себя микро ЭВМ с богатыми потенциальными возможностями, то встречаются печи, с различными функциями – начиная с часов и заканчивая отрывками из музыкальных произведений по окончании программы.

Величина, подаваемого в рабочую камеру уровня микроволновой энергии, регулируется временем срабатывания исполнительного устройства, в качестве которого используется симистор. Исполнительное устройство периодически включает и выключает источник питания магнетрона в соответствии с выбранной мощностью. Симистор позволяет осуществлять плавную регулировку больших мощностей и питание на магнетрон подаётся в виде импульсов.

Электромеханический блок управления состоит из таймера и связанного с ним механизма ступенчатой регулировки мощности. Таймер включает в себя микродвигатель, редуктор, механический звонок, систему контактов и микропереключателей, обеспечивающих включения блока питания.

Поскольку таймер электромеханический, то его поломки могут быть связаны как с механическими, так и с электрическими узлами, в первом случае это выход из строя редуктора. Типичной неисправностью является поломка зубьев в пластмассовых шестернях. В данном случае двигатель таймера работает, но отсчёт времени не производится, и поэтому автоматического отключения печи по истечении заданного времени не происходит.

Поломки электрической части проявляются отсутствием замыкания и размыкания внутренних контактов. Возможен также выход из строя микродвигателя. В таймере имеется две пары контактов. Первая замыкает цепь,

подающую питание на вентилятор магнетрона, на лампу для освещения камеры, а также на микродвигатели столика и таймера. В цепи питания магнетрона последовательно с основной парой контактов присутствует дополнительная, обеспечивающая периодическое включение и выключение блока питания магнетрона в соответствии с выбранным режимом мощности. Дополнительные контакты представляют собой встроенный микропереключатель. Из-за большого тока (около 6 А) контакты могут подгорать. Сломанный микропереключатель необходимо заменить, а контакты зачистить.

Основным элементом блока управления микроволновой печи является микроконтроллер, в котором запрограммированы последовательности и значения выходных сигналов в зависимости от информации, поступающей на его входы. Главным источником входной информации служит клавиатура, на которой пользователь задаёт время, и режимы приготовления пищи. Помимо этого на вход микроконтроллера поступает информация о закрытии дверцы печи с разных датчиков. Информация о выбранном режиме работы и о времени, остающемся до конца выполнения программы, отображается на индикаторе. В процессе работы микроконтроллер включает и выключает различные исполнительные устройства, к которым относятся реле, симисторы, звонки и т.д.

Для ремонта блока управления его необходимо отсоединить от микроволновой печи, подать на него напряжение от независимого источника напряжения и поставить коротко замыкающую перемычку на блокирующий вход.

1.2.6. Клавиатура выполнена в виде трёхслойной полимерной плёнки, приклеенной на твёрдую поверхность. На верхний и нижний слои с внутренней стороны нанесены металлизированные контактные площадки, объединённые с помощью системы проводников в несколько шин. В месте расположения контактных площадок средний слой имеет вырезы, а на лицевой стороне клавиатуры нанесены изображения кнопок. При нажатии на изображение контактные площадки замыкаются, подавая соответствующий сигнал на микроконтроллер.

Убедиться в том, что неисправности блока управления связаны с клавиатурой, можно, вынув клавиатуру из разъёма и, замкнув на короткое время отрезком провода те выводы блока управления, которые должны замыкаться кнопкой подозреваемой в сбое. Сложность заключается в том, что необходимо предварительно знать какие выводы какой кнопкой замыкаются. Можно идти двумя путями: первый – метод "научного перебора"; второй – отклеить клавиатуру от блока управления и составить схему. Трудности здесь связаны с тем, что некоторые кнопки, например кнопку "ПУСК", можно нажать, если только набрана предварительная информация. Поэтому составление схемы будет состоять из нескольких этапов. Вначале отмечают те соединения, которые можно установить сразу, а затем, используя установленные контакты для предварительного набора, определяют и недостающие звенья схемы.

Типичными неисправностями клавиатуры являются:

- пропадание контакта в соединительном разъёме,

	9. Ручка таймера прокручивается на его оси	9. а) Заменить ручку б) Закрепить ручку с помощью клея или иным способом
При закрытии или открытии дверцы перегорает сетевой предохранитель	Не синхронизирована работа основного и страхующего микропереключателей	Необходимо отрегулировать работу микропереключателей таким образом, чтобы при закрытии дверцы вначале размыкался страхующий микропереключатель, а затем замыкался основной. При открытии дверцы всё должно происходить в обратной последовательности
Печь самопроизвольно отключается, и повторное её включение возможно только по истечении некоторого времени	В результате нагрева отключилось термореле	Если печь самопроизвольно отключилась во время работы, попробовать включить её через 15 – 20 минут после отключения. В случае удачной попытки выяснить, отчего произошёл перегрев. Это может быть длительная работа на максимальной мощности, высокая температура помещения, отсутствие вентиляции воздуха
Не освещается камера	Перегорела лампа накаливания	Заменить лампу

	4. Сломан один из микропереключателей в системе блокировки дверцы	4. Для проверки микропереключателя необходимо отсоединить его выводы. Проверку производить при отключённом напряжении сети. Неисправный микропереключатель требуется заменить
	5. Плохо отрегулированы защёлки в системе блокировки дверцы	5. При закрытии дверцы расположенные на ней защёлки должны нажимать кнопки микропереключателей до появления щелчка. Для их регулировки требуется отпустить винты, крепящие кронштейн с микропереключателями, и установить его в такое положение, при котором все микропереключатели срабатывают при закрытии дверцы. Поскольку после такой регулировки может измениться зазор между дверцей и камерой, по её окончании необходимо проверить уровень наружного излучения
	6. Вышло из строя термореле	6. Заменить термореле
	7. Сгорел сетевой предохранитель	7. Заменить предохранитель
	8. При установке времени на таймере его контакты не замыкаются	8. Заменить таймер

- обрыв проводящих дорожек,
- залипание.

Первый случай наиболее простой, и часто бывает достаточно поправить контакт в разъёме, чтобы устранить возникшие проблемы.

Обрыв проводящих дорожек чаще всего происходит в выводах клавиатуры. Это происходит потому, что данное место наиболее подвержено деформации и проводники здесь открыты, в отличие от остальных частей клавиатуры, где проводящее место закрыто плёнкой с обеих сторон. Обнаружить дефектные дорожки можно, рассматривая их на просвет. Восстановить повреждённые участки проще всего токопроводящим клеем.

Как можно обнаружить обрыв проводящих дорожек? Для этого входные и выходные шины нужно соединить между собой и подключить к тестеру. При нажатии любой кнопки будет измеряться сопротивление любой кнопки. Если проводящие дорожки где-нибудь оборваны, то нажатие на определённые кнопки не приведёт к изменению показаний прибора.

1.2.7.Индикатор. Для отображения вводимой информации с клавиатуры и текущего состояния работы печи служат знакосинтезирующие индикаторы. Они преобразуют электрические сигналы в видимое изображение цифр и букв. Наибольшее распространение получили индикаторы, в основу которых были положены такие физические явления как: катодоллюминесценция (в вакуумных люминесцентных), электрооптические эффекты в жидких кристаллах и инжекционная электролюминесценция в p-n переходах.

По способу отображения индикаторы можно разделить, на сегментные и матричные. В первом случае элементы отображения выполнены в виде сегментов, из которых можно составить цифры и буквы. В качестве примера можно привести восьми сегментный индикатор. Матричный индикатор представляет собой набор элементов в виде точек, сгруппированных по строкам и столбцам. С его помощью можно индцировать любые символы. Индикаторы могут быть многоуровневыми, имеющими несколько знакомест в одном корпусе. Если индикатор предназначен для работы в блоке управления микроволновой печи, он может содержать специфичные мнемосхемы, отображающие текущий режим работы.

Существует две основные схемы включения знакосинтезирующих индикаторов: статическая и мультиплексная.

При статическом режиме работы элементы отображения (сегменты, точки и т.д.) имеют отдельные выводы. Управляющие сигналы подаются одновременно на все элементы, участвующие в отображении информации.

При мультиплексном режиме элементы отображения не имеют независимых выводов. Одноимённые элементы всех знакомест (или элементы одной строки в матричном индикаторе) подключаются к отдельной общей шине питания. Напряжение на указанные шины подаётся последовательно во времени. В каждый конкретный момент под напряжением находится только одна шина. Знакоместа (столбцы в матричном индикаторе) имеют независимые выводы цепей управления. Если на какое-либо знакоместо подать постоянный управляющий

сигнал, то поочередно будут высвечиваться все элементы данного знакоместа. Для того чтобы индицировался нужный набор сегментов, управляющий сигнал подаётся только в те моменты, когда на соответствующие этим сегментам шины подано напряжение питания. При этом может наблюдаться некоторое мерцание элементов отображения, поскольку время их включения невелико, по сравнению с периодом выключения. Чтобы это не раздражало глаза, частота подачи импульсов питания на шины должно быть более 40 Гц. В этом случае человеческий глаз не замечает мерцания, даже если оно имеется.

Достоинством мультиплексного режима является то, что он позволяет значительно сократить число выводов индикатора. Например, для нормальной работы полупроводникового матричного индикатора в статическом режиме требуется 43 вывода, а в мультиплексном – 13.

Вакуумный люминесцентный индикатор представляет собой ламповый триод, заключённый в плоский стеклянный корпус, из которого откачан воздух. Аноды выполнены в виде сегментов, покрытых катод-люминофором, светящихся под воздействием электронной бомбардировки. В зависимости от состава применяемого люминофора сегменты могут иметь различные цвета свечения. Величина анодного напряжения большинства индикаторов составляет 27–30 В.

Прямокальный катод представлен в виде нескольких нитей тонкой вольфрамовой проволоки с оксидным покрытием, закреплённой на растяжках. Обычно питание накала осуществляется переменным напряжением – 2,4 В. Срок службы вакуумного люминесцентного индикатора определяется долговечностью оксидного катода. Рабочая температура катода, соответствующая номинальному напряжению накала, выбирается так, чтобы обеспечить его максимальную долговечность. Повышенное напряжение накала ускоряет процесс испарения эмиссионно-активного слоя, а пониженное ослабляет устойчивость катода к воздействию факторов, отравляющих оксидное покрытие. Если напряжение накала отличается от номинального на 10%, то срок службы индикатора сокращается примерно на порядок.

Сетка выполнена в виде вольфрама, имеет мелкую структуру и высокую прозрачность для электронов. Для полного снятия свечения анодов-сегментов на сетку необходимо подать запирающее (отрицательное) напряжение от 1,5 до 5 В.

Жидкокристаллические индикаторы являются пассивными. Сами они света не излучают, поэтому для их работы требуется источник проходящего или отражённого света. Жидкие кристаллы представляют собой органические соединения, находящиеся в промежуточном состоянии, между твердым (кристаллическим) и изотропно-жидким. Под воздействием электрического поля молекулы жидких кристаллов переориентируются, в результате чего меняется его прозрачность. Между двумя прозрачными стеклянными пластинами помещается жидкокристаллическое вещество. На внутреннюю поверхность верхней (лицевой) пластины наносятся электроды из прозрачной электропроводящей плёнки (например, двуокиси олова), выполненные в виде сегментов требуемой формы. Нижний электрод имеет высокий коэффициент отражения и является общим для

нём энергии.

Ещё одним важным параметром диэлектрических материалов являются диэлектрические потери. Они служат для определения электрической мощности, затрачиваемой на нагрев диэлектрика, находящегося в электрическом поле.

Существуют два основных вида диэлектрических потерь.

Первый вид – это потери на электропроводность, которые обнаруживаются в диэлектриках, имеющих низкое объемное удельное сопротивление. К таким диэлектрикам относится вода, однако, в природе она чистой не бывает. Электропроводность воды определяется не столько молекулами самой воды, сколько содержащимися в ней примесями, которые могут диссоциировать на положительно и отрицательно заряженные ионы.

Под воздействием переменного электрического поля ионы начинают двигаться в такт изменяющемуся полю, преобразуя электрическую энергию в тепловую. При этом концентрация примеси не обязательно должна быть высокой.

Вторым видом являются потери, обусловленные поворотом полярных молекул в направлении силовых линий электрического поля. Каждый поворот требует затрат энергии. Поскольку ориентация поля меняется дважды за период на противоположную, то чем выше частота, тем больше энергии превращается в тепло.

2. НЕИСПРАВНОСТИ СВЧ ПЕЧЕЙ

2.1. Неисправности СВЧ печей с механическим управлением

Проявление дефекта	Возможная причина неисправности	Методы устранения неисправности
Печь не включается	1. В одну розетку включено несколько вилок с мощными приборами, что вызывает перегрузку сети	1. Отключить другие электроприборы из розетки
	2. Нет контакта в штепсельном разъёме	2. Обеспечить плотный контакт между вилок и розеткой. Проверить сопротивление всех жил сетевого шнура. Если оно отлично от нуля или меняется при изгибе шнура, его необходимо заменить
	3. Неплотно закрыта дверца камеры	3. Закрыть дверцу

1.7. Взаимодействие микроволновой энергии с веществом

Электромагнитное поле проявляет себя и как магнитное и как электрическое. Продукты, приготавливаемые в микроволновой печи, являются диэлектриками. Диэлектрические свойства продуктов интересуют нас по двум причинам. Приготавливаемые продукты должны максимально поглощать микроволновую энергию. И второе, в камере микроволновой печи имеются диэлектрические детали, которые не должны подвергаться нагреву.

Основным свойством диэлектриков является способность к поляризации. Параметром диэлектрического материала, определяющим его способность противостоять пробоям, является электрическая прочность – напряжённость электрического поля в диэлектрике, при достижении которой происходит его пробой. Основными видами пробоя является: электрический и тепловой.

Одним из важнейших параметров диэлектрических материалов является диэлектрическая проницаемость ϵ . По физическому смыслу диэлектрическая проницаемость – количественная мера интенсивности процесса поляризации. Поляризация представляет собой смещение связанных зарядов под действием электрического поля. Основными видами поляризации является электронная, ионная и дипольная.

Электронная поляризация – упругое смещение электронных орбит относительно ядер в атомах и молекулах под воздействием внешнего электрического поля. Электронная поляризация происходит во всех диэлектриках независимо от присутствия в них других видов поляризации.

Ионная поляризация – это упругое смещение противоположно заряженных ионов в узлах кристаллической решётки. Присутствует в кристаллических веществах. Ионная и электронная поляризации происходят без потерь энергии.

Дипольная поляризация характерна для полярных диэлектриков. Полярные молекулы имеют несимметричное строение. Центры тяжести у этих молекул в отсутствие внешнего электрического поля не совпадают, поэтому их молекулы представляют диполи.

Сущность дипольной поляризации состоит в повороте диполей в направлении силовых линий электрического поля. При отсутствии внешнего поля молекулы, находящиеся в хаотическом тепловом движении, ориентированы произвольным образом и определённого направления не существует. При помещении полярного диэлектрика в электрическое поле молекулы переориентируются в определённом направлении, образуя своё собственное поле, называемое дипольным моментом, противоположным направлению внешнего электрического поля. Таким образом, суммарное поле оказывается меньше.

Скорость распространения волны в диэлектрике пропорциональна $\sqrt{\epsilon}$. Электромагнитная волна, попадая в область с диэлектриком, уменьшается в $\sqrt{\epsilon}$ раз, что приводит к такому же сокращению длины волны. То есть чем выше диэлектрическая проницаемость вещества, тем больше плотность запасаемой в

каждого знакоместа. Расстояние между пластинами составляет 5 – 20 мкм.

Если на какой-либо сегмент подано напряжение, то интенсивность отражённого света, проходящего сквозь жидкокристаллическое вещество, значительно ослабевает, в результате чего данный сегмент выглядит более тёмным. При отсутствии напряжения свет практически беспрепятственно отражается от зеркальной поверхности нижней пластины.

Достоинством жидкокристаллических индикаторов является их очень малое энергопотребление, недостатком – низкая контрастность, особенно при слабой освещённости. Этот недостаток отсутствует в индикаторах, работающих в проходящем свете. Отличие таких индикаторов от рассмотренных состоит в том, что общий электрод также является прозрачным, а за нижней пластиной расположен внутренний источник света.

Ресурс жидкокристаллических индикаторов ограничен тем, что со временем ухудшается контраст между активными и пассивными зонами, нарушается ориентация молекул, увеличивается время переключения. Это связано с электрохимическими явлениями на границе жидкий кристалл – подложка. Скорость деградационных процессов связана с наличием постоянной составляющей напряжения возбуждения, которая приводит к электролизу в жидком кристалле и газовыделению. Электроды теряют свою прозрачность, и сегменты становятся видимыми в отсутствие напряжения возбуждения, нарушается герметичность, растёт ток потребления.

Полупроводниковые индикаторы представляют собой набор светодиодов, выполненных в форме сегментов, расположенных на общей подложке. Излучение светодиода возникает в области р-п-перехода при пропускании через него прямого тока. При этом происходит возбуждение атомов, то есть, "накачка" электронов на более высокие энергетические уровни. Такое состояние атомов является нестабильным, поэтому они стремятся вернуться в исходное состояние. В процессе возврата дополнительная энергия, полученная во время возбуждения, высвобождается в виде фотонов, что приводит к свечению. Излучение светодиодов происходит в видимом и инфракрасном диапазоне, иногда наносят люминофор, который преобразует невидимое излучение в видимое. К достоинствам полупроводниковых индикаторов относят низкое напряжение питания, совместимость с микросхемами, высокое быстродействие, механическая прочность, надёжность и долговечность. К недостаткам относят большие токи потребления и высокую стоимость.

Индикаторы для микроволновых печей ремонту не подлежат. Но можно использовать индикатор другого типа, основанном на том же принципе действия. Однако это требует переделки печатной платы, так как выводы у индикаторов разных типов не совпадают.

1.2.8. Тиристоры и симисторы. Тиристор – это полупроводниковый прибор, проводящий ток в одном направлении. Он имеет три электрода: анод, катод и управляющий электрод.

Анод тиристора соединён с корпусом прибора. Прямые ветви каждой из

характеристик имеют три участка. Первый участок с высоким сопротивлением аналогичен обратной ветви обычного выпрямительного диода. В этом состоянии тиристор выключен, и ток через него практически не проходит. Второй участок соответствует неустойчивому состоянию, когда тиристор даже при незначительном превышении напряжения, называемого напряжением переключения, переходит в состояние с малым сопротивлением. Этот участок характеризуется отрицательным сопротивлением, увеличение тока на нём сопровождается снижением напряжения между катодом и анодом. Участок далее характеризуется высокой проводимостью и малым сопротивлением и аналогичен прямой ветви полупроводникового диода.

Если через цепь управления пропустить ток управления, то напряжение переключения уменьшается. Постепенно увеличивая ток управления, мы достигнем тока спрямления, при котором участок с отрицательным сопротивлением полностью исчезнет.

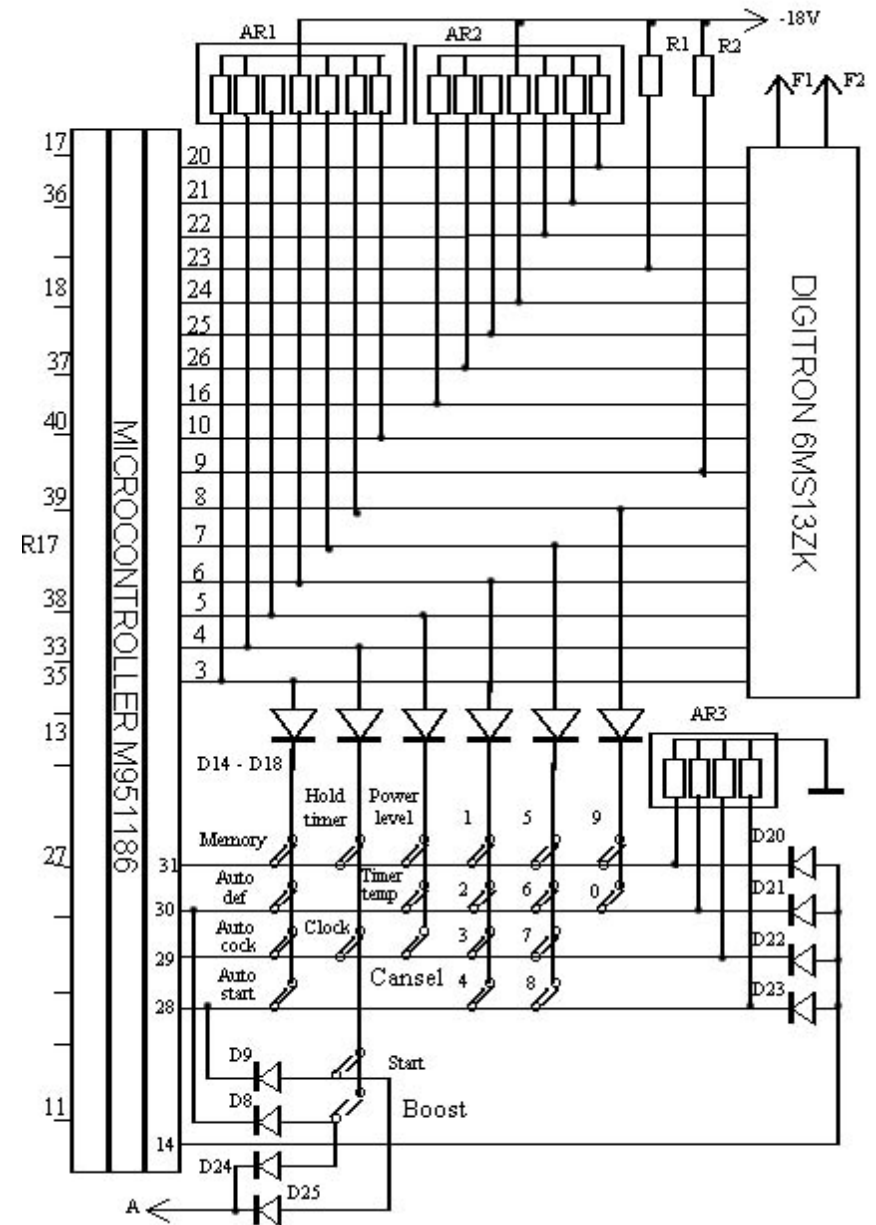
На практике рабочее напряжение выбирается меньше максимального напряжения переключения, которое достигается при токе управления равном нулю, поэтому при отсутствии тока управления тиристор находится в закрытом состоянии. В свою очередь, ток управления обычно выбирается больше, чем ток спрямления, соответственно, при наличии тока управления тиристор обладает низким сопротивлением независимо от анодного напряжения.

Особенностью тиристора является то, что он, переключенный в состояние с высокой проводимостью, будет находиться в этом состоянии сколь угодно долго даже при снятии управляющего сигнала. Это позволяет включать тиристор с помощью коротких импульсов управляющего тока. Для того чтобы выключить тиристор, необходимо путём уменьшения напряжения в анодной цепи, снизить ток до некоторого малого значения, имеющего порядок тока спрямления и называемого током удержания. Если тиристор стоит в цепи переменного тока, то его выключение происходит автоматически при прохождении напряжения через ноль.

Обратная ветвь вольтамперной характеристики тиристора при отсутствии управляющего тока аналогична соответствующей характеристике диода. Появление тока управления вызывает небольшое увеличение обратного тока тиристора. При отрицательном напряжении на аноде ток через тиристор не течёт независимо от состояния управляющего электрода.

Тиристоры используются, в основном, как электронные ключи и регуляторы мощности. Они способны практически без потерь коммутировать цепи, по которым проходят токи в десятки и сотни ампер. Тиристор имеет один большой недостаток – он проводит ток в одном направлении, что ограничивает его использование в цепях переменного тока.

Симистор способен проводить ток в обоих направлениях. Переключение из закрытого в открытое состояние происходит при подаче напряжения на управляющий электрод. Для того чтобы вновь закрыть симистор, необходимо изменить полярность напряжения на основных электродах. В этом проблемы нет,



Продолжение рис.3

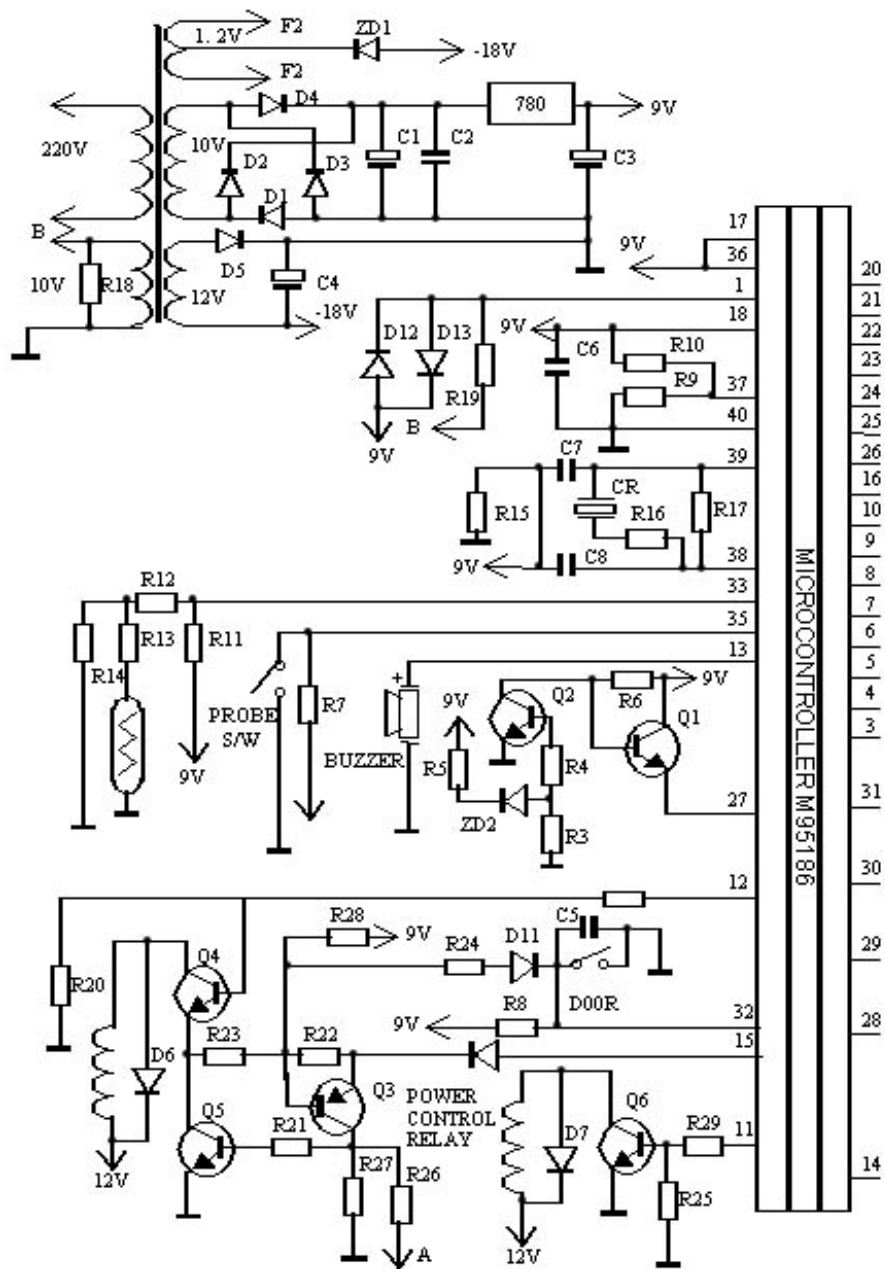


Рис.3. Электронный блок управления микроволновой печи

так как симистор предназначен для работы в цепях переменного тока, где смена полярностей происходит каждый полупериод.

Конструктивно симисторы изготавливают в тех же корпусах, что и тиристоры. Поэтому по аналогии иногда называют электроды анодом и катодом.

В отличие от тиристора у симистора обратная ветвь характеристики напоминает прямую ветвь. Симистор нельзя рассматривать, как два встроено включенных тиристора, иначе пришлось бы иметь два независимых управляющих электрода. Включение симистора осуществляется от одного источника сигнала. Причём управляющий сигнал может быть как разнополярным, когда полярность между катодом и управляющим электродом соответствует полярности между катодом и анодом, так и однополярным, когда независимо от полярности между катодом и анодом на управляющий электрод подаётся отрицательный относительно катода потенциал.

Основные отличия между прямыми и обратными ветвями вольтамперных характеристик симистора состоят в том, что напряжение переключения и ток спрямления для прямой ветви меньше соответствующих параметров обратной ветви. Из этого следует, что: если напряжение между катодом и анодом больше напряжения переключения прямой ветви и меньше напряжения переключения обратной ветви, то симистор начнёт проводить ток в одном направлении, то есть будет работать как выпрямительный диод. Аналогичная ситуация возникает, если напряжение на приборе в обоих случаях меньше напряжения переключения, но на управляющем электроде имеется сигнал, позволяющий включить симистор только в прямом направлении. Так как параметры полупроводниковых приборов заметно зависят от рабочей температуры, то при выборе симистора необходимо, чтобы рабочее напряжение с запасом отличалось от напряжения переключения. То же самое относится к току управления: он должен быть больше тока спрямления.

1.3. Микроконтроллер

Контроллером принято называть специализированную микро ЭВМ, предназначенную для управления конкретными устройствами. Набор функций контроллера обычно ограничен рамками тех задач, которые необходимо решать с помощью этих устройств. Если все основные элементы расположены в одной микросхеме, то такой контроллер можно называть микроконтроллером.

С появлением микроконтроллеров цифровая схемотехника вступила в новый этап развития. Задача всякой электронной схемы – это генерация требуемых входных сигналов в зависимости от сигналов на входе. Раньше для решения этой задачи во многих случаях требовалось создание сложных электронных схем, состоящих из триггеров, логических элементов, дешифраторов и т.п. При этом небольшое изменение функций схемы иногда требовало существенной её переделки. Микроконтроллер позволяет тот же перечень задач решать программными средствами. В этом случае соотношение между входными и

выходными сигналами определяется текстом программы, которая при желании может быть легко изменена. Таким образом, одна и та же схема может быть использована и для управления микроволновой печью и для регулировки расхода топлива в автомобиле.

Сфера применения микроконтроллеров постоянно расширяется. Это связано с тем, что они обладают большими возможностями при сравнительно низкой себестоимости. Практически вся электробытовая техника имеет модели со встроенными микроконтроллерами. В состав некоторых микросхем иногда включается литиевая батарея, таким образом, появляется возможность использовать микроконтроллеры в различных предметах, не связанных с электричеством. Например, самонаводящиеся авиабомбы, поздравительные музыкальные открытки.

В блоках управления микроволновых печей используются простейшие 8-битные контроллеры. Как правило, они относятся к разряду "заказных" и имеют однократно программируемую память, то есть эти микроконтроллеры предназначены для работы исключительно в конкретном устройстве и не могут быть заменены на другие. "Заказной" характер микроконтроллера означает, что фирма потребитель заказывает у фирмы производителя под свою конкретную разработку. Следствием этого является то, что из-за ограниченного спроса на эти изделия они практически отсутствуют в свободной продаже. Единственное место, где можно отыскать вышедший из строя микроконтроллер, это сервисная ремонтная служба компании, производителя данной бытовой техники.

В состав микроконтроллера входят следующие основные элементы микропроцессор, оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), постоянное запоминающее устройство (ПЗУ), порты ввода-вывода. Дополнительно контроллеры комплектуются различными таймерами, аналого-цифровыми преобразователями и т.п., в зависимости от их сферы применения.

Основной элемент микроконтроллера – это микропроцессор. Он синхронизирует работу всех остальных устройств и следит за их деятельностью. Кроме того, внутри процессора имеется арифметико-логическое устройство (АЛУ), которое можно представить как встроенный калькулятор. Во время работы процессор последовательно считывает информацию из памяти, распознаёт записанные там инструкции и выполняет их.

Последовательность действий процессора задаётся программой, хранимой в ПЗУ. Программа записывается в процессе производства микроконтроллера и после этого не может быть изменена. Объём постоянной памяти составляет десятки килобайт. (Один байт информации позволяет хранить любую цифру или букву, математические и некоторые другие знаки.)

Вводимые пользователем данные (время работы, режим и т.д.) и результаты промежуточных вычислений хранятся в ОЗУ. Информация, хранимая в ОЗУ, в любой момент может быть прочитана и изменена процессором. При отключении питания информация исчезает, в отличие от ПЗУ, где она хранится вечно. Объём ОЗУ небольшой и составляет несколько сотен байт.

1.6. Электронный блок управления

1.6.1. Электронный блок управления изображенный на рис.3 имеет значительное отличие силовой части от старых печей. Старые печи не имеют специализированного микроконтроллера, то есть, они построены на дискретных элементах.

1.6.2. Генератор тактовых импульсов находится внутри микроконтроллера, кроме источника опорной частоты, в качестве которого используют кварцевый резонатор.

1.6.3. Формирователь сетевых синхроимпульсов предназначен для привязки времени включения и выключения силового источника питания к моменту прохождения амплитуды сетевого напряжения через ноль. Это позволяет предотвратить нежелательные выбросы тока в момент коммутации.

1.6.4. Термодатчик контроля температуры предохраняет общую силовую цепь от повышенного тока. При повышенном токе нить высоковольтного предохранителя не перегорает, а лишь разогревает припой в месте соединения и контакт обрывается.

1.6.5. Схема контроля питания производит общий сброс микроконтроллера в том случае, если питающее напряжение на нём превышает допустимые пределы.

1.6.6. Схема включения СВЧ генератора включает его при условии, если микропереключатель «DOOR» замкнут, то есть дверь печи закрыта, если напряжение не превышает допустимых пределов, и если нажата кнопка «START».

Включение общей силовой цепи осуществляется одноимённой схемой.

На линии сканирования (выходы: 3, 4, 5, 6, 7, 8) от микроконтроллера поочередно поступают короткие импульсы, синхронно смещённые относительно друг друга по времени. При нажатии одной из кнопок последовательность импульсов, проходящих по подключённой к ней линии сканирования, поступает на соответствующую ей линию отклика и возвращается обратно в микроконтроллер, на один из его входов. Номер входа, по которому вернулись импульсы, и время их прибытия позволяют микроконтроллеру однозначно определить, какая из кнопок в данный момент нажата. Диоды D14–D18 служат для предотвращения замыкания выходов микроконтроллера при одновременном нажатии нескольких кнопок. Резисторы AR3 фиксируют состояние логического «0», если ни одна из кнопок не нажата.

Термореле "cavity TCO" и "magnetron TCO" замкнуты, если температура камеры и магнетрона не превышает допустимой температуры.

Микропереключатели "primary switch" (PS) и "sekondary switch" (SS) осуществляют блокировку включения магнетрона при открытой дверце, и замыкаются при её закрытии. На схеме состояние микропереключателей соответствует открытой дверце.

Включение микроволновой печи происходит при установке ручки таймера на заданное время. При этом замыкаются контакты "timer switch" (TS), находящиеся внутри таймера. На обмотку страхующего реле "safety relay" начинает поступать напряжение, и его контакты замыкаются. В результате включаются электродвигатели таймера и вентилятора, а на трансформатор через сопротивление "resistor" подаётся напряжение.

Микропереключатель "monitor switch" контролирует исправную работу элементов блокировки дверцы. Если по какой-либо причине микропереключатели PS и SS перестанут размыкаться, то попытка включить печь с открытой дверцей приведёт к перегоранию предохранителя "monitor fuse". Вследствие этого включение реле SR станет невозможным, и генерации СВЧ мощности не произойдёт. Для согласованной работы микропереключатель PS должен замыкаться позже, а размыкаться раньше, чем, соответственно, разомкнутся и сомкнутся контакты MS. Нарушение этого синхронизма приведёт к тому, что контакты PS замкнутся до того как разомкнётся MS и наоборот. В обоих случаях это приведёт к короткому замыканию и перегоранию предохранителя. Такая не синхронность в работе микропереключателей случается часто. Поэтому, если без всяких видимых причин при закрытии или открывании дверцы горят предохранители, то причина, скорее всего, в неслаженной работе микропереключателей.

Резистор R1 служит для снижения пускового тока и работает несколько миллисекунд в процессе каждого включения, до тех пор, пока не сработает реле "inrush relay", напряжение на которое подаётся одновременно с началом прохождения тока через резистор. Необходимость сопротивления вызвана тем, что в начальный момент, высоковольтный конденсатор разряжен и в положительный полупериод, когда на диод подано прямое смещение, вторая обмотка трансформатора оказывается замкнута "накоротко". В результате при включении печи происходит резкий бросок тока. Сопротивление позволяет ограничить пусковой ток на некоторое время, в течение которого конденсатор постепенно заряжается до номинального значения и печь плавно входит в рабочий режим.

Микропереключатель "VPS switch", установленный на таймере, служит для регулировки мощности. При задании мощности меньше максимального он осуществляет периодическое отключение печи в соответствии с рисунком.

Порты ввода-вывода служат для связи микроконтроллера с внешним миром. Они обеспечивают ввод информации с клавиатуры, её отображение на индикаторе и выдачу управляющих сигналов на исполнительные устройства, такие как реле, симисторы, сигнальные зуммеры и т.д.

В некоторых печах имеются различного рода датчики (температуры, пустой камеры, веса, влажности и т.д.), которые имеют аналоговый сигнал на выходе. Для преобразования этих сигналов в понятный микроконтроллеру цифровой код служит входящий в его состав аналого-цифровой преобразователь (АЦП). Если печь имеет сразу несколько датчиков, АЦП может работать в мультиплексном режиме, поочередно отслеживая их показания.

Передача данных от одного блока к другому осуществляется по магистрали данных. Выходы всех блоков микроконтроллера имеют три устойчивых состояния: логические «0» и «1», а также обрыв (его называют Z-состоянием). В последнем случае блок может быть полностью электрически отсоединён от магистрали данных. Это позволяет процессору упорядочить связь между блоками таким образом, чтобы в каждый момент времени к магистрали данных было подключено только по одному выходу и требуемое число входов.

Основной вопрос при ремонте блока управления микроволновой печи – это определить, связана ли поломка с работой микроконтроллера, и если да, то можно ли устранить поломку. Подобные неисправности встречаются редко, поэтому прежде чем грешить на микроконтроллер, нужно убедиться в том, что поломка связана с более простыми вещами. Прежде всего, необходимо убедиться в наличии питания и его соответствии номинальному значению. Имеет смысл посмотреть печатную плату на предмет обнаружения обрывов и перемычек. Закорачивание также может произойти в клавиатуре. Невозможность запуска может свидетельствовать об отсутствии сигнала блокировки дверцы.

1.4. Прочие элементы микроволновой печи

1.4.1. Термореле предназначены для отключения микроволновой печи при её перегреве. Термореле устанавливаются на магнетрон, на внешнюю поверхность камеры и иногда на трансформатор, вентилятор и воздухопровод. Термореле настраивается на разную температуру отключения.

Отключенное термореле автоматически восстанавливает соединение, после того как его температура снизится до температуры включения. У нормально работающей микроволновой печи магнетрон нагревается до 80–100°C, потому с учётом некоторого запаса на него устанавливается термореле с температурой 120–145°C.

1.4.2. Микропереключатели используются для блокировки дверцы и в некоторых случаях в качестве компонентов кнопки запуска и регулятора мощности таймера.

1.4.3. Вентиляторы служат для охлаждения магнетрона. При мощности магнетрона 750 – 850 Вт, они должны обеспечивать плотность воздушного потока

1 м/мин. В некоторых печах воздушный поток от вентиляторов осуществляет также вращение диссектора.

1.4.4. Гриль представляет собой инфракрасный излучатель, выполненный в виде мощного нагревательного элемента, заключённого в керамические цилиндры или металлическую оболочку специальной формы. Потребляя примерно такую же мощность, что и магнетрон, гриль медленно нагревает продукт, за счёт инерционности и более низкого КПД. Но в отличие от микроволн, гриль нагревает продукт снаружи. Сочетание гриля с микроволновым излучением позволяет достичь хорошего качества продукта и привычного вида. Гриль является самым надёжным элементом микроволновой печи.

1.4.5. Конвектор встречается в наиболее дорогих моделях печей. Специальный вентилятор осуществляет циркуляцию воздуха внутри камеры с одновременным его подогревом. Для этого в задней стенке камеры имеется ряд неизлучающих отверстий. Замкнутое пространство камеры приводит к тому, что воздух в ней за счёт постоянного подогрева может достигать температуры более 200°C. Печи с конвектором обычно имеют датчик температуры. Когда воздух в камере нагревается до заданного значения, нагревательный элемент отключается, а вентилятор продолжает работать. При остывании воздуха нагреватель включается снова.

1.4.6. Высоковольтный предохранитель предназначен для защиты трансформатора от перегрузки. В отличие от обычного предохранителя его нить не перегорает. При повышенном токе происходит размягчение припоя, и пружинящая нить отсоединяется в месте спаивания. Восстановление предохранителя трудности не представляет. Трудности могут возникнуть, при попытке снять металлический колпачок со стеклянной трубки. Это можно сделать, предварительно разогрев колпачок паяльником.

1.5. Электрическая схема микроволновой печи

1.5.1. Микроволновые печи с электромеханическим управлением имеют стандартную электрическую схему, изображённую на рис.2. Отличия между различными моделями незначительны и не носят принципиального характера.

Силовая часть печей с электронными блоками управления практически не отличается от печей с электромеханическим управлением. На принципиальной схеме эти отличия проявляются в том, что вместо контактов таймера присутствуют контакты реле. Иногда вместо реле ставится симистор, но режим его работы практически такой же, как и у таймера. Это позволяет заменять в некоторых случаях полностью сгоревший электронный блок на электромеханический. Ограничения связаны лишь с габаритами.

Чтобы включить СВЧ нагрев, требуется подать напряжение 220 В на первичную обмотку высоковольтного трансформатора. Это будет происходить, если контакты микропереключателя "Monitor switch" (MS) разомкнуты, а контакты всех остальных элементов цепи замкнуты.

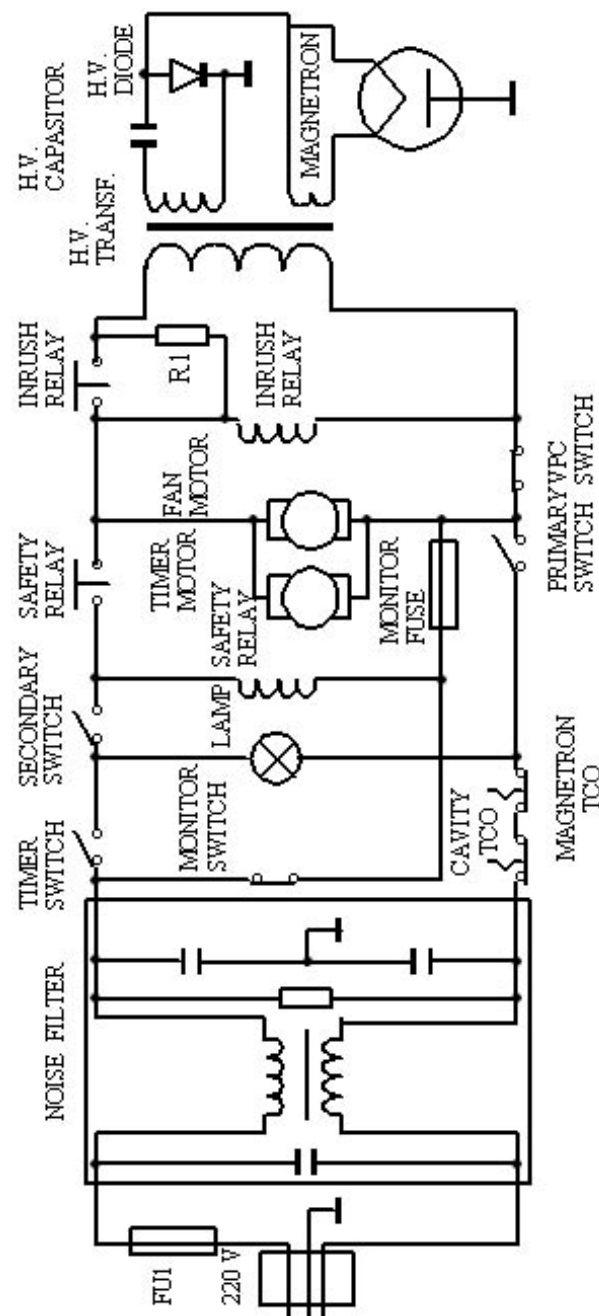


Рис. 2. Электрическая схема микроволновой печи