




## Электроустановки нагрева сопротивлением

Подготовил : Дубенцов  
Никита 2ТЭ9



Принцип действия таких установок основан на законе Джоуля-Ленца. Количество теплоты, выделяющейся в проводнике, при прохождении по нему электрического тока зависит от сопротивления проводника, электрического тока в цепи, времени его прохождения.

$$Q = I^2 R t, \quad P = U^2 S / (\rho l),$$

где  $Q$  — количество выделяющейся теплоты, Дж;  $I$  — ток, А;  $R$  — сопротивление, Ом;  $t$  — время, с;  $P$  — мощность, выделяющаяся в проводнике, Вт;  $U$  — напряжение, В;  $S$  — площадь сечения, м<sup>2</sup>;  $\rho$  — удельное сопротивление проводника, Ом · м;  $l$  — длина проводника, м.

Источником теплоты в установках являются нагревательные элементы (НЭ).

Выбор материала и конструкции НЭ определяется особенностями технологического процесса и конструкции установки.

По температурным пределам работы НЭ подразделяют на 3 группы:

- низкотемпературные, нагрев до 230-430 °С;
- среднетемпературные, нагрев до 630-1030 °С;
- высокотемпературные, нагрев до 2230-3030 °С.

Для изготовления НЭ с рабочей температурой до 1230 °С наиболее распространенным материалом являются:

- нихромы — сплав никеля (75-78 %) и хрома (около 25 %);
- фехрали — сплав железа (73 %), хрома (13 %), алюминия (4 %);

Для высокотемпературных НЭ наиболее распространены карборунды (спекание кремнезема и угля — SiC), керамика, графит, тугоплавкие металлы (молибден, тантал, вольфрам) и др.

По форме среднетемпературные НЭ выполняются в виде зигзагов (проволочных и ленточных) или спиралей, а высокотемпературные — в виде стержней круглого или квадратного сечения и труб.

Для низкотемпературного нагрева широко применяются **трубчатые электронагреватели — ТЭНы**.

ТЭН представляет собой металлическую трубку, заполненную теплопроводным электроизоляционным материалом, в которой находится электронагревательная спираль.

ТЭНы электробезопасны, могут работать в любой среде, стойки к вибрациям.

Мощность до 15 кВт, напряжение до 380 В, ресурс до 40 тыс. ч, рабочая температура до 730 °С.

Примерами электроустановок нагрева сопротивлением являются: **электрические печи сопротивления (ЭПС)** и различные нагревательные устройства, обеспечивающие технологические процессы производства.

ЭПС применяются для технологических операций в машиностроении, металлургии, легкой промышленности и т. п.

По исполнению печи выпускаются косвенного и прямого действия, по назначению — нагревательные и плавильные, по режиму работы — периодически и непрерывно действующие. По конструкции:

- периодического действия — колпаковые, элеваторные, камерные, шахтные;
- непрерывного действия — конвейерные, толкательные, протяжные.

ЭПС для плавки металлов. Предназначены для выплавки олова, свинца, цинка и других металлов с температурой плавления до 530 °С.

По конструктивному исполнению такие печи делят на тигельные и камерные (или ванны).

**Тигельная ЭПС** представляет собой металлический сосуд — тигель, помещенный в цилиндрический корпус, выполненный из огнеупорного материала (футеровка). НЭ расположены на футеровке снаружи тигля. КПД печи 50-55 %, удельный расход ЭЭ при плавке алюминия 700-750 кВт • ч/кг.

**Камерная ЭПС** предназначена для переплавки алюминия на слитки. Она имеет большой объем, КПД до 60-65 %, удельный расход ЭЭ составляет 600-650 кВт • ч/кг.

Во всех типах ЭПС возможен внутренний и внешний обогрев.

При внутреннем обогреве нагреватели ТЭНы размещены в расплавленном металле и работают при температуре не выше 570 °С

При внешнем расположении открытых высокотемпературных нагревателей можно получить температуру в рабочем пространстве печи до 930 °С

Принципиальная электрическая схема управления ЭПС

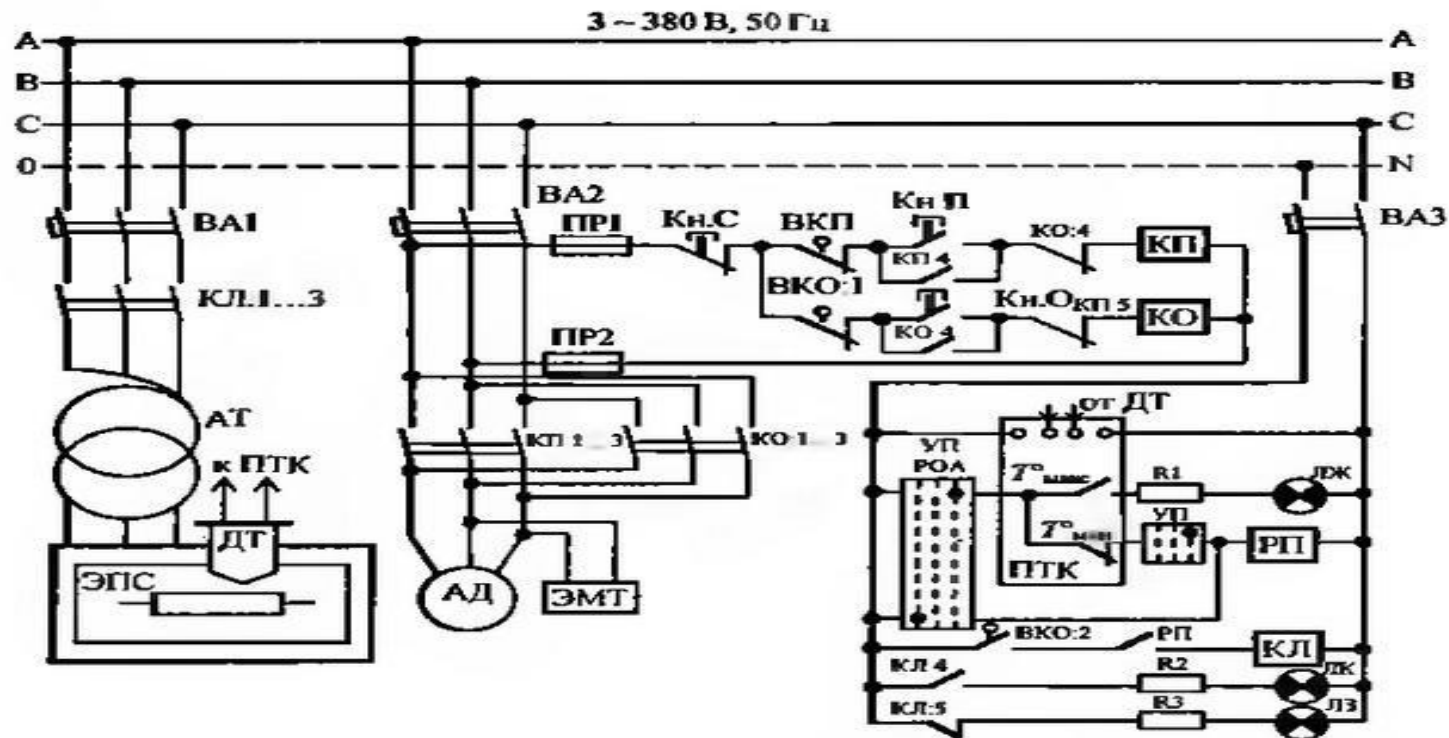


Рис. 1.2-4. Принципиальная электрическая схема управления печью сопротивления

Предназначена для управления защиты и сигнализации однофазной камерной ЭПС.

Основные элементы схемы:

**АТ** — автотрансформатор трехфазный, для питания нагревателя печи;

**АД с ЭМТ** — асинхронный двигатель с электромагнитным тормозом, для подъема и опускания двери камеры, реверсивный;

**КП и КО** — контакторы подъема и опускания двери камеры;

**ВКП и ВКО** — выключатели конечные поднятого и опущенного состояния двери;

**КЛ** — контактор линейный для подключения и отключения АТ к сети;

**РП** — реле промежуточное, для коммутации цепи КЛ;

**ДГ** — датчик температуры печи. Органы управления.

**УП** — универсальный переключатель («ручное»-0-«автоматическое»), для выбора режима управления;

**НТК**— прибор теплоконтроля, для управления в автоматическом режиме;

**Кн.П, Кн.О, Кн.С** — кнопки «Подъем», «Опускание», «Стоп» двери.

Режимы работы:

- автоматический — основной, от ПТК;

- ручной — резервный, от У П.

## Работа схемы

вод в работу в «Автоматическом режиме».

становить УП — «А» — подключается ПТК и собирается цепь РП ( $T_{\text{мин}}$ ),

**РП** ↑ — собирается цепь **КЛ** (РП замкнется),

**КЛ** ↑ — подключится к сети АТ (КЛ:1...3),

— собирается цепь, засветится лампа «красная» ЛК (КЛ:4),

— разомкнется цепь, погаснет ЛЗ (КЛ:5).

ЭПС подключена к сети, засвечена ЛК — «ЭПС включена», начат процесс азогрева.

регулирование  $T_{\text{ЭПС}}^{\circ\text{C}}$ .

регулирование двухпозиционное в соответствии с рис. 1.2-1.

Включение и отключение печи осуществляется через контакт  $T_{\text{мин}}^{\circ\text{C}}$  в ПТК при достижении  $T_{\text{зад}}^{\circ\text{C}}$ .

Но так как есть «зона нечувствительности», то отключение будет при  $T_{\text{мин}}^{\circ\text{C}} = T_{\text{зад}}^{\circ\text{C}} + \Delta T^{\circ\text{C}}$ , а включение при  $T_{\text{мин}}^{\circ\text{C}} = T_{\text{зад}}^{\circ\text{C}} - \Delta T^{\circ\text{C}}$ .

при отключении. Размыкается цепь **РП** (контакт  $T_{\text{мин}}^{\circ\text{C}}$ ).

**РП** ↓ — размыкается цепь **КЛ** (контакт РП),

**КЛ** ↓ — отключается от сети АТ (КЛ:1...3), а следовательно, и ЭПС,

— собирается цепь ЛЗ, лампа засвечивается «ЭПС — отключена» (КЛ:5),

— размыкается цепь ЛК, лампа гаснет.

процесс повторяется до полного прогрева изделия, а длительность его определяется технологическими условиями, УП — «0».

выгрузка изделия.

**НП** ↑↓ — кратковременно, при этом:

**КП** ↑ — подключится к сети АД с ЭМТ (КП:1...3), растормозится и будет работать на «Подъем»,

— становится на самопитание (КП:4),

— блокируется цепь **КО** (КП:5).

при достижении верхнего положения ВКП — разомкнется, **КП** ↓ и «подъем» прекратится, АД остановится.

изделие выгружается, другое загружается, дверь опускается.

**НО** ↑↓ — кратковременно, при этом:

**КО** ↑ — подключится к сети АД с ЭМТ (КО:1...3), растормозится и будет работать на «опускание»,

— становится на самопитание (КО:4),

— блокируется цепь КП (КО:5).

по достижении нижнего положения ВКО:1 — разомкнется, **КО** ↓ и «опускание» прекратится, АД остановится.

подготовится цепь **КЛ** (ВКО:2).

работа в «ручном режиме».

включение и отключение ЭПС производится с помощью УП, установкой его соответственно в положение «Р» и «О». Контроль температуры визуальный.

*Аварийный режим.*

Если при работе в режиме «А» по достижении  $T_{\text{фак}}^{\circ\text{C}} = T_{\text{зад}}^{\circ\text{C}} + \Delta T^{\circ\text{C}}$  отключения не произойдет ( $T_{\text{мин}}^{\circ\text{C}}$  — не разомкнется), то по достижении  $T_{\text{макс}}^{\circ\text{C}}$  собирается цепь лампы «желтой» ЛЖ, ЛЖ засветится — предупредительный сигнал о неисправности.

*Защита, блокировки, сигнализация:*

сияющая цепь АТ — от токов КЗ (ВА1),

силовая цепь АД — от токов КЗ и перегрузки (ВА2),

цепи управления АД — от токов КЗ (ПР1, ПР2),

цепи управления и сигнализации — от токов КЗ (ВА3),

взаимная блокировка цепей **КП** и **КО** (КО:5, КП:5).

Ограничение перемещений двери в крайних положениях (ВКП, ВКО:1).

«Запрет» на включение ЭПС при открытой двери (ВКО:2).

ЛЗ — «ЭПС отключена».

ЛК — «ЭПС включена».

ЛЖ — «Превышение  $T_{\text{зад}}^{\circ\text{C}}$ ».

*Питание цепей:*

3 ~ 380 В, 50 Гц — силовая сеть,

1 ~ 380 В, 50 Гц, линейное — цепи управления АД,

1 ~ 220 В, 50 Гц — цепи управления и сигнализации.