

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
ИЖЕВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ

ФАКУЛЬТЕТ НЕПРЕРЫВНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯ

Методические материалы для студентов
Направление - Агроинженерия
Профиль - Электрооборудование и электротехнологии

Ижевск 2015

УДК 631.371:621.365(075.8)
ББК 40.76

Методические материалы к контрольной работе по электротехнологии /
П.Л. Лекомцев. – Ижевск, ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2015. – 18 с.

УДК 631.371:621.365(075.8)
ББК 40.76

ВВЕДЕНИЕ

Электротехнология – область науки и техники, изучающая приемы, способы и средства выполнения производственных процессов, использующих электрическую энергию непосредственно или с предварительным преобразованием в другие виды.

Целью преподавания электротехнологии является формирование у студентов системы знаний для проектирования, монтажа и эксплуатации установок электротехнологии в сельскохозяйственном производстве.

Задачи изучения дисциплины:

- изучить и усвоить физические основы преобразования электрической энергии в тепловую энергию; освоить современные инженерные методы расчета преобразующих устройств и установок;
- получить знания по устройству, принципам действия и применению современного электронагревательного оборудования сельскохозяйственного назначения, использования электрической энергии в технологических процессах, принципам управления и автоматизации, правилам эксплуатации и безопасного обслуживания;
- приобрести навыки постановки и решения инженерных задач в области использования электрической энергии в технологических процессах сельскохозяйственного производства, технико-экономического обоснования, разработки проектных решений, освоение методики наладки и испытания оборудования.

Целью контрольной работы является:

- закрепление, углубление и обобщение знаний, полученных студентами во время изучения курса «Электротехнология»;
- развитие навыков самостоятельного решения инженерных задач по применению электротехнологии в процессах сельскохозяйственного производства.

Выполнение контрольной работы должно продемонстрировать знания студентов:

- устройства, работы, технических данных, способов управления и автоматизации электротехнологического оборудования;
- умение студентов:
- производить расчет и проектирование устройств электронагрева и электротехнологии с использованием современных расчетных методов и вычислительной техники;
- разрабатывать способы управления и автоматизации электротермических установок.

1 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОДНОГО ВОДОНАГРЕВАТЕЛЯ

Электродный нагреватель представляет собой систему электродов, предназначенных для подвода электрического тока к нагреваемому материалу. Если электроды не экранированы и размещены в металлическом сосуде, то стенки сосуда также являются элементами электродной системы. К основным параметрам нагревателей относят: число фаз, количество электродов, электрическая схема соединения, форма, размеры и материал электродов, расстояние между электродами.

Задача расчета электродных нагревателей состоит в определении их параметров, обеспечивающих заданные условия нагрева.

Исходными данными для расчета являются производительность, температура холодной и горячей воды, удельное сопротивление воды.

Геометрические параметры электродной системы обычно выражают через геометрический коэффициент K . В приложении 2 приведены электродные системы и геометрические параметры некоторых электродных нагревателей.

Расчет электродного водонагревателя проводят в следующей последовательности.

Предварительно, по конструктивным соображениям задаются шириной электродов b или диаметром электродов $d = 2r$.

Расстояние между пластинчатыми электродами (см) определяют по допустимой напряженности электрического поля

$$l = \frac{U}{E_{\text{дон}}}, \quad (1.1)$$

где U – напряжение между электродами, В; $E_{\text{дон}}$ – допустимая напряженность электрического поля в межэлектродном пространстве, В/см.

В проектной практике для водонагревателей и водогрейных котлов значения $E_{\text{дон}}$ в зависимости от удельного сопротивления воды принимают в пределах 125...250 В/см, где минимальное значение $E_{\text{дон}}$ соответствует удельному сопротивлению воды $\rho_{20} \leq 2000$ Ом·см, а максимальное $\rho_{20} \geq 10000$ Ом·см.

Для стержневых систем ориентировочно принимают

$$R = 4,76 \cdot r; \quad a = 0,51 \cdot R.$$

Длину активной части электродов (см) определяют по выражению

$$h = \frac{40G_1 c K \rho_{20}}{U^2 \eta_m} \ln \frac{20 + t_2}{20 + t_x}, \quad (1.2)$$

где G_1 – производительность нагревателя на одну фазу, кг/с; c – удельная теплоемкость воды, $c = 4190$ Дж/(кг·°С); K – геометрический коэффициент электродной системы; η_m – тепловой к.п.д., $\eta_m = 0,97$.

Если длина электродов получается слишком большой, то задаются новыми значениями ширины электродов b или диаметра d и расчет повторяют.

Полученную площадь электродов проверяют по максимальной плотности тока

для стержневых электродов

$$j_{\max} = \frac{k_n U}{K \rho_t 2\pi r}, \quad (1.3)$$

для пластинчатых электродов

$$j_{\max} = \frac{k_n U}{K \rho_t b}, \quad (1.4)$$

где k_n – коэффициент, учитывающий неравномерность плотности тока по поверхности электродов, $k_n = 1,1 \dots 1,4$; $\rho_t = 40\rho_{20}/(20+t_2)$ – удельное сопротивление воды при конечной температуре, Ом·см.

Максимальная плотность тока должна быть меньше допустимой

$$j_{\max} \leq j_{\text{доп}}. \quad (1.5)$$

Допустимая плотность тока для плоских электродов составляет $0,5 \text{ А/см}^2$, для стержневых – не более 2 А/см^2 . Если условие (1.5) не выполняется, расчет повторяют при других значениях b или d .

Мощность водонагревателя, вычисленная по параметрам электродной системы для всех трех фаз, составит

$$P = \frac{3U^2 h(t_2 - t_x) \eta_m}{40K\rho_{20} \ln \frac{20+t_2}{20+t_x}}. \quad (1.6)$$

Пример. Рассчитать электродный водонагреватель. Производительность $G = 0,27$ м³/ч, удельное сопротивление воды $\rho_{20} = 2000$ Ом·см.

Решение.

Выбираем нагреватель со стержневыми электродами (приложение 2).

Диаметр электрода $d = 2r = 20$ мм.

Радиус корпуса $R = 4,76 \cdot r = 4,76 \cdot 10 = 47,6 \approx 50$ мм.

Радиус расположения стержневых электродов $a = 0,51 \cdot R = 0,51 \cdot 50 = 25,5$ мм.

Геометрический коэффициент электродной системы

$$K = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{3a^2(R^2 - a^2)^3}{r^2(R^6 - a^6)} = \frac{1}{2 \cdot 3,14} \ln \frac{3 \cdot 25,5^2 (50^2 - 25,5^2)^3}{10^2 (50^6 - 25,5^6)} = 0,332$$

Производительность нагревателя на одну фазу

$$G_1 = 0,278 \frac{G}{3} = 0,278 \frac{0,27}{3} = 0,025 \text{ кг/с.}$$

Длина активной части электродов

$$h = \frac{40G_1 c K \rho_{20}}{U^2 \eta_m} \ln \frac{20 + t_2}{20 + t_x} = \frac{40 \cdot 0,025 \cdot 4190 \cdot 0,332 \cdot 2000}{380^2 \cdot 0,97} \ln \frac{20 + 90}{20 + 8} = 27 \text{ см.}$$

Удельное сопротивление воды при конечной температуре

$$\rho_t = \frac{40 \rho_{20}}{20 + t_2} = \frac{40 \cdot 2000}{20 + 90} = 727,27 \text{ Ом·см.}$$

Максимальная плотность тока

$$j_{\max} = \frac{k_n U}{K \rho_t 2\pi r} = \frac{1,1 \cdot 380}{0,332 \cdot 727,27 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 1,0} = 0,27 \text{ А/см}^2.$$

Максимальная плотность тока меньше допустимой $j_{\text{доп}} = 2$ А/см².

Мощность водонагревателя по параметрам электродной системы

$$P = \frac{3U^2 h (t_2 - t_x) \eta_m}{40K \rho_{20} \ln \frac{20 + t_2}{20 + t_x}} = \frac{3 \cdot 380^2 \cdot 27 \cdot (90 - 8) \cdot 0,97}{40 \cdot 0,332 \cdot 2000 \cdot \ln \frac{20 + 90}{20 + 8}} = 25,6 \text{ кВт.}$$

2 ВЫБОР ПЗА И РАСЧЕТ ВНУТРЕННИХ СИЛОВЫХ СЕТЕЙ

Согласно ПУЭ первичная цепь каждой электротермической установки должна содержать следующие коммутационные и защитные аппараты: выключатель (рубильник с дугогасящими контактами, пакетный выключатель) на вводе и предохранители или блок предохранитель-выключатель либо автоматический выключатель с электромагнитным и тепловыми расцепителями.

Допускается использовать рубильники без дугогасящих контактов при условии, что коммутация ими выполняется без нагрузки.

В качестве расчетных токов потребителей принимают их номинальные токи.

Расчетный ток магистральных линий определяют по выражению

$$I_H = k_0 \sum I_H, \quad (2.1)$$

где k_0 - коэффициент одновременности работы потребителей.

Рубильники и блоки предохранитель-выключатель выбирают по номинальному напряжению ($U_H \geq U_{н.уст}$), номинальному току ($I_H \geq I_{н.уст}$), числу полюсов, конструктивному и климатическому исполнению, категории размещения и степени защиты.

Плавкие предохранители выбирают по следующим параметрам:

по номинальному напряжению

$$U_{н.пр} \geq U_{н.уст}. \quad (2.2)$$

по номинальному току

$$I_{н.пр} \geq I_{н.уст}. \quad (2.3)$$

по номинальному току плавкой вставки

$$I_{\sigma} \geq k_H I_{p.max}, \quad (2.4)$$

$$I_{\sigma} \geq I_{max} / \alpha, \quad (2.5)$$

где $I_{p.max}$ - максимальный рабочий ток цепи, защищаемой предохранителем, А; k_H - коэффициент надежности, I_{max} - максимальный пусковой ток электродвигателя электротермической установки, А; α - коэффициент, зависящий от режима пуска защищаемых двигателей (для легкого режима пуска $\alpha = 2,5 \dots 3$, для тяжелого - $\alpha = 1,6 \dots 2$).

При защите плавкими предохранителями линии, к которой присоединены более пяти двигателей, ток плавкой вставки определяют по условию

$$I_{\sigma} \geq k_0 \sum I_{p(n-1)} + I_n / \alpha, \quad (2.6)$$

при защите предохранителями линии, к которой присоединены до пяти двигателей,

$$I_{max} \geq k_0 \sum I_{p(n-1)} + I_n, \quad (2.7)$$

где k_0 - коэффициент одновременности; $\sum I_{p(n-1)}$ - сумма рабочих токов всех двигателей, за исключением одного, у которого разность между пусковым и номинальным токами наибольшая; I_n - пусковой ток исключенного из суммы двигателя.

Автоматические выключатели выбирают по следующим условиям.

$$\begin{aligned}
 U_{н.а} &\geq U_{н.уст}; \\
 I_{н.а} &\geq I_{н.уст}; \\
 I_{н.т} &\geq k_{н.т} I_{н.уст}; \\
 I_{н.э} &\geq k_{н.э} I_{max},
 \end{aligned}
 \tag{2.8}$$

где $U_{н.а}$, $I_{н.а}$ - соответственно номинальные напряжение и ток автомата; $I_{н.т}$ - номинальный ток теплового расцепителя; $k_{н.т}$ - коэффициент надежности, учитывающий разброс по току срабатывания теплового расцепителя, принимают в пределах 1,1...1,3; $I_{н.э}$ - ток отсечки электромагнитного расцепителя; $k_{н.э}$ - коэффициент надежности, учитывающий разброс по току электромагнитного расцепителя (для автоматов АП-50, АЕ-2000 и АЗ700 $k_{н.э} = 1,25$, для АЗ100 $k_{н.э} = 1,5$); I_{max} - максимальный рабочий ток в цепи (для электродвигателей пусковой ток I_n).

При выборе автоматических выключателей также учитывают число полюсов, конструктивное и климатическое исполнение.

Для дистанционного управления электронагревательными элементами и электродвигателями выбирают магнитные пускатели.

Для защиты электродвигателей от перегрузок магнитные пускатели комплектуются тепловыми реле типа РТЛ и РТТ. Диапазон регулирования тока уставки реле от 0,75 до 1,25 I_n .

Магнитные пускатели выбирают по конструктивному и климатическому исполнению, по номинальному напряжению ($U_{н.н} \geq U_{н.уст}$), номинальному току ($I_{н.н} \geq I_{н.уст}$), току уставки теплового реле ($I_{н.р} \geq I_{н.дв}$) и по напряжению втягивающей катушки.

Внутренние силовые кабели должны быть надежными, доступными для эксплуатации, минимальной протяженности, соответствовать условиям окружающей среды и в полной мере обеспечивать безопасность людей и сельскохозяйственных животных, пожаро- и взрывобезопасность.

Кабели выбирают таким образом, чтобы его температура при длительном протекании тока не была больше предельно допустимой.

Так как выбор проводов по допустимому нагреву тесно связан с выбором защитных аппаратов, то расчет начинают с выбора защиты от перегрузок и коротких замыканий.

По принятому значению номинального тока плавкой вставки или тока срабатывания расцепителя автомата находят допустимый ток проводника $I_{дон}$ по условию согласования с защитой.

Согласно ПУЭ значение $I_{дон}$ определяют по следующим условиям:

для проводников с резиновой и подобной ей по тепловым характеристикам изоляцией ($t_{дон} = 65$ °С), прокладываемых в пожароопасных и взрывоопасных помещениях, защищаемых плавкими вставками предохранителей или мгновенно действующими электромагнитными расцепителями автоматов

$$I_{дон} \geq 1,25 I_{\epsilon} \quad \text{или} \quad I_{дон} \geq 1,25 I_{н.э}. \tag{2.9}$$

для тех же проводников, прокладываемых во всех других помещениях

$$I_{доп} \geq I_e \quad \text{или} \quad I_{доп} \geq I_{н.э}. \quad (2.10)$$

для проводников всех марок при защите их автоматами с расцепителями, имеющими обратозависимую от тока характеристику

$$I_{доп} \geq I_{н.т}. \quad (2.11)$$

для ответвлений к электродвигателям в невзрывоопасных помещениях

$$I_{доп} \geq I_{н.дв}. \quad (2.12)$$

По значениям $I_{доп}$ по таблицам допустимых значений токов для принятой марки кабеля выбирают соответствующую площадь сечения проводника.

Выбранный провод проверяют по допустимой потере напряжения. Согласно ПУЭ потери напряжения в силовых проводках не должна превышать 5%.

Расчетные потери напряжения без учета индуктивного сопротивления при условии, что нагрузка равномерно распределена по фазам и на всех участках проложен одинаковый провод, определяют по формуле

$$\Delta U = \frac{Pl}{cs}, \quad (2.13)$$

где P - присоединенная мощность, кВт; l - длина линии, м; c - постоянный для данного провода коэффициент, зависящий от напряжения сети, числа фаз и материала провода (таблица 2.1); s - сечение провода, мм².

Таблица 2.1 - Значения коэффициента c

Напряжение, В	Вид сети	Коэффициент c для проводов		
		медных	алюми- ниевых	стальных
380/220	Трехфазная с нулевым проводом	77,0	46,0	10,0
380/220	Двухфазная с нулевым проводом	34,0	20,0	4,5
220	Двухпроводная переменного или постоянного тока	12,8	7,7	1,7

Основным назначением принципиальных схем является отражение всех электрических элементов и устройств, необходимых для осуществления и контроля заданных электрических параметров, всех электрических связей между ними, а также электрических элементов (соединителей, зажимов и т.п.) которыми заканчиваются входные и выходные цепи.

В общем случае принципиальные схемы содержат:

- условные графические обозначения электрических устройств;
- буквенно-цифровые обозначения устройств;
- поясняющие надписи;
- диаграммы переключений контактов многопозиционных устройств;
- перечень используемых в данной схеме элементов.

При выполнении принципиальных схем необходимо применять условно-графические обозначения, приведенные в приложении 3.

3 ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЧЕТА

1. Характеристики электромагнитного поля. Формы ее проявления.
2. Система уравнений Максвелла.
3. Поглощение электромагнитной волны. Коэффициент затухания волны. Глубина проникновения. Поверхностный эффект.
4. Достоинства и недостатки электронагрева.
5. Способы электронагрева. Преимущества, недостатки.
6. Задачи и содержание расчета ЭТУ. Уравнение теплового баланса.
7. Определение мощности ЭТУ.
8. Определение КПД ЭТУ.
9. Электрическое сопротивление проводников I и II рода.
10. Электроконтактный нагрев. Электродный нагрев. Электродные системы.
11. Нагрев сопротивлением. Материалы нагревательных элементов.
12. Трубчатые электронагреватели ТЭН – достоинства, недостатки. Маркировка. Расчет и выбор ТЭНов.
13. Приближенный расчет нагревателей сопротивлением. Коэффициенты монтажа и среды.
14. Регулирование мощности нагревателей.
15. Индукционный нагрев. Энергетические соотношения системы индуктор-изделие.
16. Физические основы диэлектрического нагрева.
17. Термоэлектрический нагрев и охлаждение.
18. Элементные водонагреватели. Устройство. Принцип действия.
19. Электродные водонагреватели и парогенераторы. Устройство. Принцип действия.
20. Индукционные водонагреватели. Устройство. Принцип действия.
21. Электрические калориферы и калориферные установки.
22. Электронагревательные полы, конструкция, область применения.
23. Оборудование инфракрасного нагрева.
24. Электротермическое оборудование при сушке тепловой обработке сельскохозяйственных материалов (активное вентилирование). Выбор электрокалориферов для сушки.
25. Обработка материалов электрическим током.
26. Электроимпульсные установки.
27. Применение электрогидравлического эффекта
28. Электронно-ионная технология. Характеристики электрических полей.
29. Способы зарядки частиц.
30. Классификация электросепараторов зерна.
31. Электрокоронные фильтры.
32. Электроаэрозольные генераторы.
33. Аэроионизация в сельскохозяйственном производстве.
34. Процессы ультразвуковой технологии. УЗ-эффекты.
35. Использование магнитных полей в сельском хозяйстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карасенко В.А., Заяц Е.М., Барам А.И., Корко В.С. Электротехнология. – М.: Колос, 1992 г.
2. Басов А.И., Быков В.Г., Лаптев А.В., Файн В.Б. Электротехнология. – М.: Агропромиздат, 1985 г.
3. Гайдук В.Н., Шмигель В.Н. Практикум по электротехнологии. – М.: Агропромиздат, 1989 г.
4. Живописцев Е.Н., Косицин О.А. Электротехнология и электрическое освещение. – М.: Агропромиздат, 1990 г.
5. Лекомцев П.Л. Курсовое проектирование по Электротехнологии. – Ижевск, Шеп, 2002. – 77 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Задание на расчет

- 1) Выполнить расчет электродного водонагревателя.
- 2) Разработать принципиальную схему управления электродным водонагревателем. Рассчитать ПЗА (с учетом защиты от коротких замыканий и перегрузок) и питающие кабели.
- 3) Графическая часть:
 - а) конструктивный чертеж электродного водонагревателя (формат А3);
 - б) принципиальная схема управления электродным водонагревателем (формат А3).

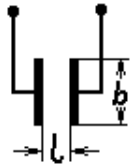
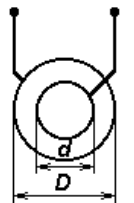
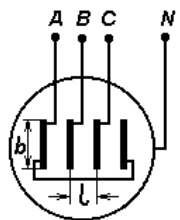
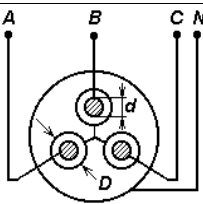
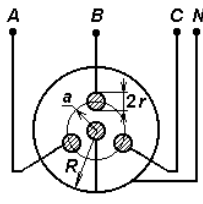
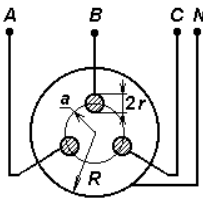
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

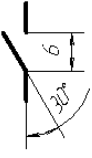


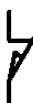

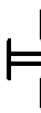
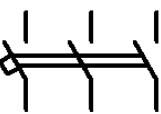
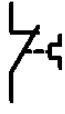
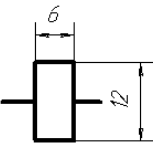
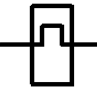
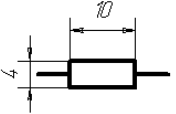

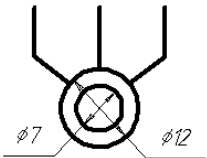
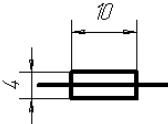
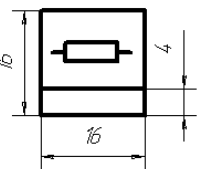
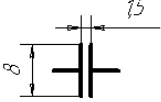
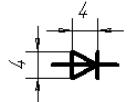
№	Температура горячей воды, °С	Температура холодной воды, °С	Производительность, м ³ /ч	Удельное сопротивление воды, Ом·см	Диаметр электрода, мм
1	90	20	0,2	1500	10
2	91	18	0,3	1600	12
3	92	16	0,4	1700	14
4	93	14	0,5	1800	16
5	94	12	0,6	1900	18
6	95	10	0,7	2000	20
7	96	8	0,8	2100	18
8	97	6	0,9	2200	16
9	98	4	1,0	2300	14
10	97	2	1,2	2400	12
11	96	4	0,2	2500	10
12	95	6	0,3	2400	10
13	94	8	0,4	2300	12
14	93	10	0,5	2200	14
15	92	12	0,6	2100	16
16	91	14	0,7	2000	18
17	90	16	0,8	1900	20
18	90	18	0,9	1800	18
19	91	20	1,0	1700	16
20	92	22	1,2	1600	14
21	93	20	0,2	1500	12
22	94	18	0,3	1500	10
23	95	16	0,4	1600	10
24	96	14	0,5	1700	12
25	97	12	0,6	1800	14

№	Температура горячей воды, 0С	Температура холодной воды, 0С	Производительность, м3/ч	Удельное сопротивление воды, Ом·см	Диаметр электрода, мм
26	98	10	0,7	1900	16
27	97	8	0,8	2000	18
28	96	6	0,9	2100	20
29	95	4	1,0	2200	18
30	94	2	1,2	2300	16
31	93	4	0,2	2400	14
32	92	6	0,3	2500	12
33	91	8	0,4	2400	10
34	90	10	0,5	2300	10
35	90	12	0,6	2200	12
36	91	14	0,7	2100	14
37	92	16	0,8	2000	16
38	93	18	0,9	1900	18
39	94	20	1,0	1800	20
40	95	22	1,2	1700	18
41	96	20	0,2	1600	16
42	97	18	0,3	1500	14
43	98	16	0,4	1500	12
44	97	14	0,5	1600	10
45	96	12	0,6	1700	10
46	95	10	0,7	1800	12
47	94	8	0,8	1900	14
48	93	6	0,9	2000	16
49	92	4	1,0	2100	18
50	91	2	1,2	2200	20
51	90	4	0,27	2300	18
52	90	6	0,3	2400	16
53	91	8	0,4	2500	14
54	92	10	0,5	2400	12
55	93	12	0,6	2300	10
56	94	14	0,7	2200	10
57	95	16	0,8	2100	12
58	96	18	0,9	2000	14
59	97	20	1,0	1900	16
60	98	22	1,2	1800	18
61	97	20	0,2	1700	20
62	96	18	0,3	1600	18
63	95	16	0,4	1500	16
64	94	14	0,5	1500	14
65	93	12	0,6	1600	12
66	92	10	0,7	1700	10
67	91	8	0,8	1800	10

№	Температура горячей воды, 0С	Температура холодной воды, 0С	Производительность, м3/ч	Удельное сопротивление воды, Ом·см	Диаметр электрода, мм
68	90	6	0,9	1900	12
69	90	4	1,0	2000	14
70	91	2	1,2	2100	16
71	92	4	0,2	2200	18
72	93	6	0,3	2300	20
73	94	8	0,4	2400	18
74	95	10	0,5	2500	16
75	96	12	0,6	2400	14
76	97	14	0,7	2300	12
77	98	16	0,8	2200	10
78	97	18	0,9	2100	10
79	96	20	1,0	2000	12
80	95	22	1,2	1900	14
81	94	20	0,2	1800	16
82	93	18	0,3	1700	18
83	92	16	0,4	1600	20
84	91	14	0,5	1500	18
85	90	12	0,6	1500	16
86	90	10	0,7	1600	14
87	91	8	0,8	1700	12
88	92	6	0,9	1800	10
89	93	4	1,0	1900	10
90	94	2	1,2	2000	12
91	95	4	0,2	2100	14
92	96	6	0,3	2200	16
93	97	8	0,4	2300	18
94	98	10	0,5	2400	20
95	97	12	0,6	2500	18
96	96	14	0,7	2400	16
97	95	16	0,8	2300	14
98	94	18	0,9	2200	12
99	93	20	1,0	2100	10

Электродные системы

№	Типы электродных систем нагревателей	Схема соединения основная (дополнительная)	Геометрический коэффициент $K = R_{\phi} h \rho^{-1}$
1	2	3	4
1	<p>Однофазные</p> 	-	$K = \frac{l}{b}$
2		-	$K = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{D}{d}$
3	<p>Трёхфазные</p> 	$\Delta(Y)$	$K = \frac{l}{(n-1)b}$ <p>n – число пластин</p>
4		Y	$K = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{D}{d}$
5		Y(Δ)	$K = \frac{1}{6\pi} \ln \frac{3a^2(R^2 - a^2)^3}{r^2(R^6 - a^6)}$
6		$\Delta(Y)$	$K = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{3a^2(R^2 - a^2)^3}{r^2(R^6 - a^6)}$

<i>НЕКОТОРЫЕ УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМАХ</i>			
<i>Наименование</i>	<i>Обозначение</i>	<i>Наименование</i>	<i>Обозначение</i>
<i>контакт замыкающий</i>		<i>контакт размыкающий</i>	
<i>контакт концевого выключателя: замыкающий</i>		<i>контакт концевого выключателя: размыкающий</i>	
<i>выключатель ручной замыкающий</i>		<i>выключатель ручной размыкающий</i>	
<i>выключатель трехполюсный автоматический</i>		<i>контакт электротеплового реле</i>	
<i>катушка магнитного пускателя</i>		<i>катушка теплового реле</i>	
<i>резистор</i>		<i>лампа сигнальная</i>	
<i>электродвиг. трехфазный</i>		<i>предохранитель</i>	
<i>Электронагреватель сопротивления косвенного нагрева</i>		<i>конденсатор</i>	
		<i>диод</i>	

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.	3
1 Расчет электродного водонагревателя.	4
2 Выбор ПЗА и расчет внутренних силовых сетей. .	7
3 Вопросы для зачета.	11
Список литературы.	12
Приложения.	13