

Безопасный трехфазный электродный котел. Исследования и физика работы

Карелин А. Н., канд. техн. наук
ГОУ ВПО СПбГМУ, Санкт-Петербург

Рассмотрены вопросы, связанные с особенностями работы электродных групп трехфазных электрических котлов (ЭК).

Ключевые слова: электродные группы, безопасность, эффективность.

В настоящее время широкое распространение получили энергетические электродные системы, в частности, электродные котлы*, которые применяются в качестве источников пара для отопления зданий, а также для турбин, приводящих в действие генераторы (минимум около 20 кг пара в час при давлении, примерно равных атмосферному).

Особенностью котлов с электродным нагревом является одинаковая температура электродов и воды, что обуславливает в них минимальные отложения и весьма редкое перегорание электродов [1 – 3]. Недостатки ЭК: нестабильность работы из-за вскипания воды и соответственно ее перерасход, а также нарастание проводимости. Их целесообразно применять в замкнутых системах отопления (где не происходит увеличения концентрации солей) с трубами из коррозионно-стойких материалов (металлопластиковыми, алюминиевыми, из нержавеющей стали).

ЭК, работающий в парогенераторном режиме, характеризуется постепенным набором мощности. Это приводит к тому, что по мере нагрева теплоносителя его электрическое сопротивление уменьшается, а ток между электродами возрастает. В результате с течением времени увеличивается количество выделяемой теплоты. Заданная температура теплоносителя и его общее количество (зависящее от объема отопительной сети) определяют объем энергопотребления системы.

ЭК могут быть прямоточными (гидравлическая система разомкнута, вода подается из магистрали, барабан-сепаратор отсутствует, испарение — 100 %) и непрямоточными (в барабане-сепараторе происходит разделение смеси воды и пара). Следует отметить, что стоимость прямоточных котлов ниже, чем барабанных. Параметры парогенераторов: максимальная паропроизводительность — более 4500 т/ч, давление — примерно 28 МПа, температура — 550 °С, КПД — 85 %.

Интерес представляют исследования прямоточного ЭК с поперечным расположением электродов. Такое их расположение обеспечивает оптимизацию конструктивных (компактность) и технологических (удобство монтажа при установке в контур естественной циркуляции, низкое гидравлическое сопротивление) параметров, а также возможность регулирования мощности в широких пределах путем увеличения числа последовательно обтекаемых электродов.

Электродные котлы могут быть одно- и трехфазными. В бытовых условиях используются однофазные ЭК малой мощности, которые подключаются к осветительной сети. Безопасность их эксплуатации при наличии напряжения в воде контура или на стенках корпуса обеспечивается путем применения нулевых электродов наружной установки, схем автоматического отключения нагрузки, устройств защитного отключения либо фиксированного расположения фазных и нулевых электродов.

В производственных условиях более перспективно использование трехфазных электродных котлов с поперечным расположением электродов (рис. 1) и подключением к сети. Особенности такой компоновки фазных

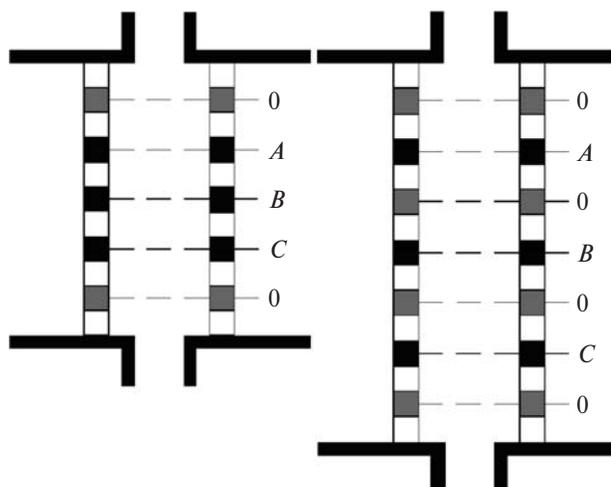


Рис. 1. Схема трехфазного электродного котла с поперечным расположением электродов

* Простейший ЭК — печь сопротивления.

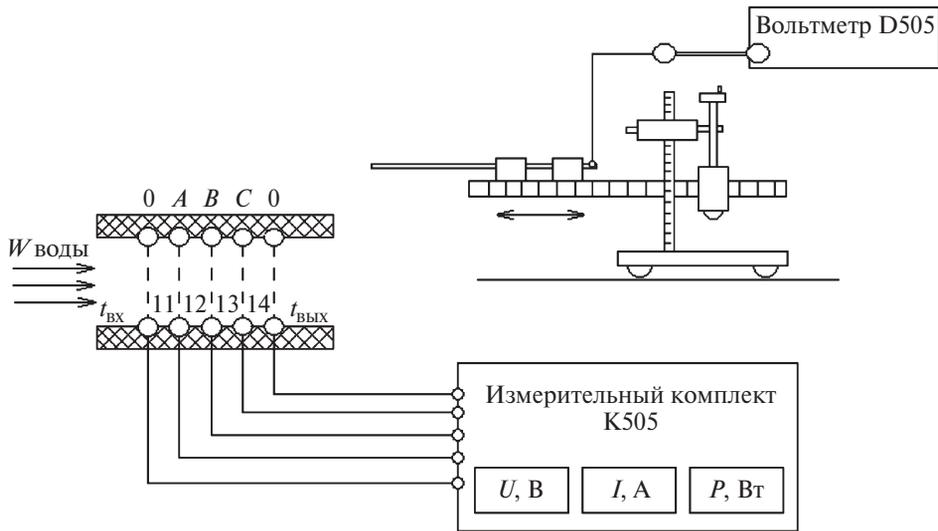


Рис. 2. Измерительная схема и установка с координатным устройством

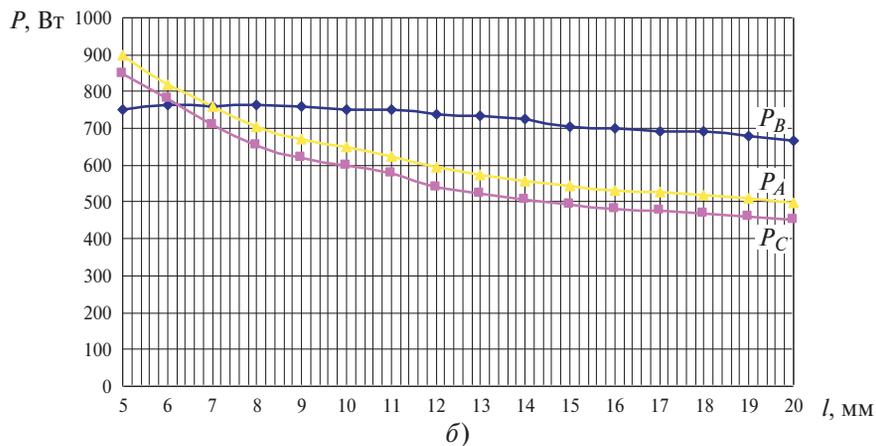
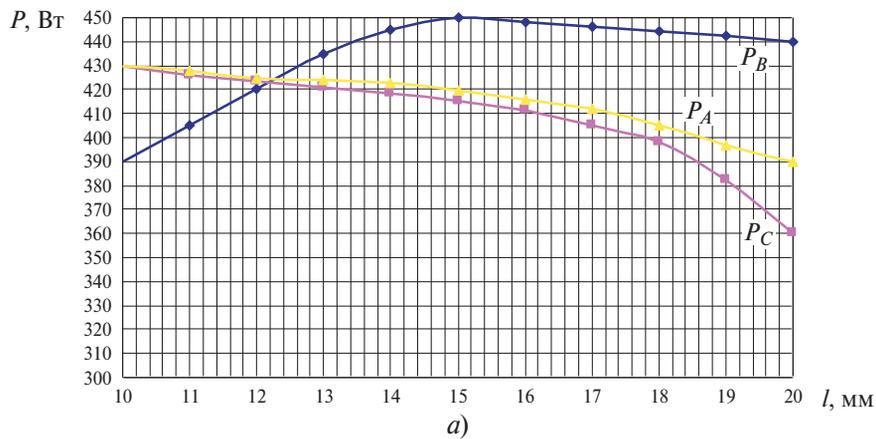


Рис. 3. Графики распределения мощностей при наличии нулевых электродов:

a и *б* — соответственно $l_1 = l_4 = 12$ мм и 6,5 мм

электродов (электрод фазы *B* расположен “внутри” — между электродами фаз *A* и *C*, которые находятся “снаружи” — с внешней стороны контура) обусловлены тем, что в данном случае условия и режимы их работы разные, в то время как при продольном расположении электродов они одинаковые.

При продольном расположении электродов и подаче на них фазного напряжения 220 В в воде и на стенках контура оказываются сопоставимые по значению фазные напряжения. В этом случае (и при отсутствии нулевых электродов) наблюдается неравномерность в распределении мощности по фа-

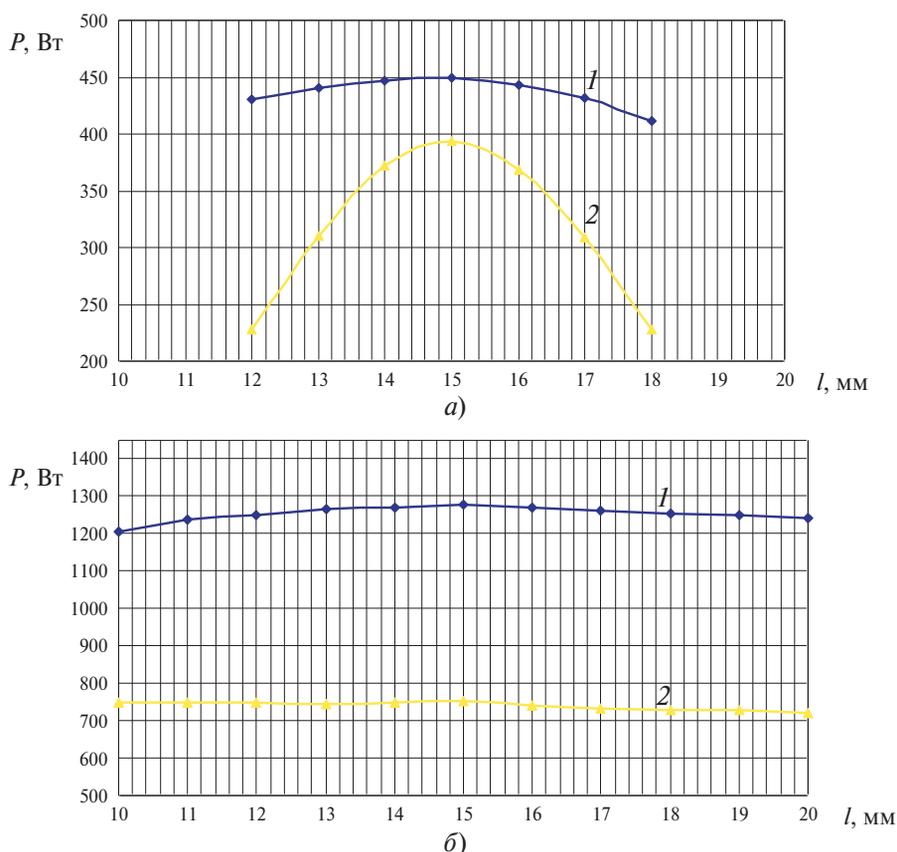


Рис. 4. Графики распределения мощностей при наличии (кривые 1) и отсутствии (кривые 2) нулевых электродов: а и б — соответственно $l_2 = l_3 = 20$ и 10 мм

зам: в фазе B она больше, чем в фазах A и C в $380/220 \approx 1,73$ раза.

При установке “наружных” нулевых электродов электрические потенциалы концентрируются во внутреннем контуре, что обеспечивает безопасную эксплуатацию без дополнительных устройств защиты.

Измерительная схема и установка для проведения исследований показаны на рис. 2. Фазные и нулевые электроды, рабочая площадь которых равна $60 \times 60 \text{ мм}^2$, выполнены из стальных пластинок толщиной $\delta = 0,5$ мм, имеющих по периметру электрическую изоляцию. Положение электродов изменяется дискретно с шагом 5 мм. Температура воды ($t_{\text{ВХ}}$, $t_{\text{ВЫХ}}$) измеряется с помощью ртутных термометров (цена деления — 1°C), а электрические параметры — посредством измерительного комплекта К-505, применяемого для наладки и эксплуатационного электрического контроля за промышленными установками, трансформаторами, генераторами, двигателями, электрическими цепями. В комплект входят амперметр, вольтметр, ваттметр, фазоуказатель, отдельный трансформатор тока, установленный в специальной ячейке. Электроды размещены в стеклянной емкости на расстоянии $l_1 - l_4$ друг от друга, причем $l_2 =$

$= l_3$. При проведении исследований определяли изотермические параметры, термостатирование осуществлялось проточной водой.

Выполнены две серии наблюдений при наличии нулевых электродов ($l_1 = l_4$), а также при их отсутствии: $l_2 = l_3 = 20$ мм (см. рис. 3, а и 4, а) и $l_2 = l_3 = 10$ мм (см. рис. 3, б и 4, б). При параметрах $l_1 = l_4 = 12$ мм и $l_1 = l_4 = 6,5$ мм обеспечивается выравнивание нагрузки по фазам (рис. 3, а и б). В каждой серии варьировалось положение нулевых электродов: $l_1 = l_4 = 10, 15, 10, 5$.

Таким образом, с помощью нулевых электродов выравнивается мощность в крайних фазах A и C , а также повышается безопасность эксплуатации котлов.

Список литературы

1. **Правила** технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок и потребителей. — М.: Энергосервис, 2003.
2. **Правила** устройства электроустановок. 6-е изд. — М.: Энергоатомиздат, 2003.
3. **Правила** устройства и безопасной эксплуатации электрических котлов и электродвигательных (ПБ 10-575-03). — М.: ПИО ОБТ, 2003.