



МЕЖДУНАРОДНАЯ МОЛОДЕЖНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2021»
«ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА»

Материалы конференции

2

ISBN 978-5-6046580-4-8



9 785604 658048



ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2021 «ЭНЕРГЕТИКА И ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ»

Международная молодежная научная конференция
(Казань, 28–30 апреля 2021 г.)

Материалы конференции

В трех томах

Том 2

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Казанский государственный энергетический университет»
АО «Системный оператор Единой энергетической системы»
Публичное акционерное общество «Федеральная сетевая компания
Единой энергетической системы»
Российский национальный комитет международного совета по большим
электрическим системам высокого напряжения (РНК СИГРЭ)
Благотворительный фонд «Надежная смена»

ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2021
«ЭНЕРГЕТИКА И ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ»

Международная молодежная научная конференция
(Казань, 28–30 апреля 2021 г.)

Материалы конференции

В трех томах

Том 2

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

*Под общей редакцией ректора КГЭУ
Э.Ю. Абдуллазянова*

Казань
2021

УДК 620.9:004
ББК 31.3
Т42

Рецензенты:

канд. техн. наук, зав. кафедрой «Электрические станции» ФГБОУ ВО «СамГТУ»
доц. А.С. Ведерников;
д-р техн. наук, проректор по НР ФГБОУ ВО «КГЭУ» И.Г. Ахметова

Редакционная коллегия:

Э.Ю. Абдуллазянов (гл. редактор), И.Г. Ахметова (зам. гл. редактора),
А.Г. Арзамасова

Т42 Тинчуринские чтения – 2021 «Энергетика и цифровая трансформация. В 3 т. Т. 2. Теплоэнергетика: матер. Междунар. молод. науч. конф. (Казань, 28–30 апреля 2021 г.) / под общ. ред. ректора КГЭУ Э. Ю. Абдуллазянова. – Казань: ООО ПК «Астор и Я», 2021. – 455 с.

ISBN 978-5-6046580-4-8 (т. 2)
ISBN 978-5-6046580-3-1

Опубликованы материалы Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения – 2020 «Энергетика и цифровая трансформация», в которых изложены результаты научно-исследовательской работы молодых ученых, аспирантов и студентов по проблемам в области теплоэнергетики по следующим научным направлениям: электроэнергетические системы и сети, надежность, диагностика; электроснабжение; промышленная электроника и светотехника, электрические и электронные аппараты; перспективные материалы и направления развития физики, химии, математики и материаловедения; электротехнические комплексы и системы; энергоэффективность и энергобезопасность производства; системная автоматика, релейная защита и противоаварийное управление в электроэнергетических системах; инженерная защита окружающей среды и безопасность труда на производстве; возобновляемые источники энергии и безопасность; контроль, автоматизация и диагностика электроустановок электрических станций и подстанций.

Предназначены для научных работников, аспирантов и специалистов, работающих в сфере энергетики, а также для студентов вузов энергетического профиля.

Материалы публикуются в авторской редакции. Ответственность за их содержание возлагается на авторов.

УДК 620.9:004
ББК 31.3

ISBN 978-5-6046580-4-8 (т. 2)
ISBN 978-5-6046580-3-1

© КГЭУ, 2021
Оформление ООО ПК «Астор и Я», 2021

Шакиров И.Э., Галяутдинов Р.М. Сравнительный анализ мест установки тепловых насосов в энергетике	205
Ямщиков К.О., Савина М.В. Исследование влияния снижения температуры наружного воздуха на эффективность работы стационарной газовой турбины	208
Яшанин В.И., Дунаев П.В., Салимов К.О. Зависимость коэффициента полезного действия газотурбинной установки от содержания в топливе метано-водородной фракции	211

Секция 4. РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Галимова Ф.С. Современный полувагон с облегченным кузовом	215
Гафуров Б.Т. Анализ сорбционных свойств бентонитовой глины	223
Гимадиева Л.И., Мотыгуллина И.М., Тактамышева Р.Р. Создание прикладной программы для расчета силовой нагрузки электроприемников	226
Кайбышева Р.Р. Балансировка систем отопления зданий	229
Каримов Д.Р. Сравнительный анализ теплоизоляционных материалов для утепления фасадов зданий	232
Климова Ю.Н. Перспективы использования тепловых насосов в Тамбовской области	234
Колева О.Д., Тактамышева Р.Р. Достоинства и недостатки приточно-вытяжной системы с утилизатором теплоты	238
Лаптева Е.А., Столярова Е.Ю. Исследование процессов тепломассообмена в мини-градирне	240
Латыпова Д.М. , Загидуллина Н.В. Применение газотурбинных энергетических установок в качестве собственных источников энергии на предприятиях Республики Татарстан	243
Муртазов М.А. Комбинированная система теплового аккумулирования на АЭС	246
Мамонов Р.В., Шакурова Л.И. Исследование теплоизоляционных материалов на теплопроводность	250
Маслов К.М. Особенности использования интенсификаторов теплообмена в трубчатых теплообменниках	253
Местников Н.П., Альзаккар А.М-Н. Исследование влияния холодного климата Якутии на функционирование монокристаллической солнечной системы генерации электроэнергии	256

СОЗДАНИЕ ПРИКЛАДНОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ РАСЧЕТА СИЛОВОЙ НАГРУЗКИ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ

Л.И. Гимадиева¹, И.М. Мотыгуллина², Р.Р. Тактамышева³

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹l-e-y-s-a-n-99@mail.ru, ²motigullina1999@mail.ru, ³ruschanija2002@mail.ru

Разработана программа на языке C++, которая позволяет рассчитать активную и реактивную нагрузки, расчетную полную мощность и расчетный ток приемника.

Ключевые слова: расчет силовой нагрузки электроприемника, прикладная программа, язык C++.

Вычисления расчетной нагрузки при известном составе приемников с постоянным или мало меняющимся графиком нагрузки с коэффициентом максимума нагрузки $k_{\max} = 1$ (вентиляторы, компрессоры, насосы, электрические печи и т. д.) необходимо начинать с определения активной ($P_{\text{расч}}$, кВт) и реактивной ($Q_{\text{расч}}$, кВАр) нагрузок, расчетной полной мощности ($S_{\text{расч}}$, кВА) и расчетного тока ($I_{\text{расч}}$, А).

С целью упростить и ускорить процесс вычисления, а также избежать так называемого «человеческого фактора», есть возможность использовать специализированные программы («Электрик», “Cable”) позволяющие произвести необходимые расчеты в соответствии с нормативным техническим документом ПУЭ. Рассмотрим их подробнее.

Возможности многофункциональной программы «Электрик» широки. В частности, в данной программе можно произвести не только расчет мощности электроприбора по известному значению одно- или трехфазного тока, но и определить номинальные ток и мощность по заданному сечению проводника с учетом способа прокладки, произвести расчет токов короткого замыкания и вычислить значение потерь напряжения в сети; по заданным параметрам определить требуемое сечение провода, кабеля (специального кабеля), рассчитать заземляющий контур и др.

В программе «Cable» также возможно рассчитать ток и мощность, выбрать соответствующие автоматы защиты и УЗО.

Целью нашей работы является написание минимальной прикладной программы на языке C++, которая позволит рассчитать активную ($P_{\text{расч}}$, кВт) и реактивную ($Q_{\text{расч}}$, кВАр) нагрузки, расчетную полную мощность ($S_{\text{расч}}$, кВА) и расчетный ток ($I_{\text{расч}}$, А) приемника.

Для начала работы создается файл с расширением *.cpp [2].

В первой строке указывается директив `#include <iostream>`, который подключает библиотеку потоков ввода-вывода, и делает доступным поток вывода (оператор) `std::cout` (позволяет выводить сообщение на экран) и манипулятор `std::endl` (переносит вывод на новую строку и завершает операцию вывода `cout`).

Для того, чтобы успешно вывести строку, необходимо ее взять в кавычки (").

Различные операторы отделяются друг от друга с помощью символов `<<` (`cout<< ... << endl;`).

Указанный во второй строке `#include <math.h>` заголовочный файл, разработанный для выполнения простых математических операций.

На следующей строке указывается стандартная функция `main` (`Int main()`). Она автоматически запускается вместе с программой.

Весь код, помещается между двумя фигурными скобками {...} после `int main()`.

В следующих строках прописываются выражения (формулы), позволяющие рассчитать интересные параметры [1].

В частности, реактивная мощность, определяемая по формуле:

$$P_p = k_{\text{исп}} \cdot P_{\text{ном}},$$

где $k_{\text{исп}}$ – коэффициент использования оборудования; $P_{\text{ном}}$ – установленная мощность приемника, кВт.

В программе будет прописана следующим образом:

```
auto P_rasch = K_isp * P_nom
```

Аналогично будут прописаны и другие параметры [1]:

– реактивная мощность, определяемая по формуле:

$$Q_p = P_p \cdot \text{tg}\varphi, \quad (2)$$

где $\text{tg}\varphi$ – коэффициент реактивной мощности.

```
auto Q_rasch = P_rasch * (std::sqrt(1 - cos_f * cos_f) / cos_f);
```

– полная мощность, определяемая по формуле:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}; \quad (3)$$

```
auto S_rasch = std::sqrt(P_rasch * P_rasch + Q_rasch * Q_rasch);
```

– расчетный ток, определяемый по формуле:

$$I_{\text{расч}} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}, \quad (4)$$

где $U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение сети (0,38 кВ):

```
auto I_rasch = S_rasch / (std::sqrt(3) * U_nom);
```

На следующей строке записывается оператор return, а после него указывается код ошибки (Return 0). Код 0 означает, что программа отработала корректно, то есть без каких-либо ошибок. При возникновении ошибки программа будет возвращать другие значения, отличные от нуля [2].

Таким образом, программа для вычисления силовой нагрузки электроприемника будет иметь следующий вид:

```
1  #include <iostream>
2  #include <math.h>
3
4  int main() {
5      auto K_isp = 0.0;
6      auto P_nom = 0.0;
7      auto cos_f = 0.0;
8      const auto U_nom = 0.38;
9      std::cout << "Введите K(isp): ";
10     std::cin >> K_isp;
11     std::cout << "Введите P(nom): ";
12     std::cin >> P_nom;
13     std::cout << "Введите Cos(f): ";
14     std::cin >> cos_f;
15     auto P_rasch = K_isp * P_nom;
16     auto Q_rasch = P_rasch * (std::sqrt(1 - cos_f * cos_f) / cos_f);
17     auto S_rasch = std::sqrt(P_rasch * P_rasch + Q_rasch * Q_rasch);
18     auto I_rasch = S_rasch / (std::sqrt(3) * U_nom);
19
20     std::cout << "Активная нагрузка (кВт): " << P_rasch << std::endl
21     |         << "Реактивная нагрузка (кВАр): " << Q_rasch << std
22     |         |         << std::endl
23     |         << "Полная мощность (кВА): " << S_rasch << std::endl
24     |         << "Расчетный ток (А): " << I_rasch << std::endl;
25     return 0;
26 }
```

Проверим программу на определенном примере. В качестве приемника используем компрессор со следующими характеристиками:

$P_{\text{ном}} = 5,5$ кВт; $k_{\text{исп}} = 0,65$; $\cos \varphi = 0,8$; $U_{\text{ном}} = 0,38$ кВ.

Вводим параметры в систему:

```
Введите K(isp): 0.65  
Введите P(nom): 5.5  
Введите Cos(f): 0.8
```

В результате которых получаем следующее:

```
Активная нагрузка (кВт): 3.575  
Реактивная нагрузка (кВАр): 2.68125  
Полная мощность (кВА): 4.46875  
Расчетный ток (А): 6.78956
```

Таким образом, написанная авторами прикладная программа на языке C++ является рабочей, а результаты, полученные с ее помощью, – достоверными.

Подводя итоги, можно утверждать, что использование специализированных программ позволяют упростить и ускорить решение многих задач.

Источники

1. Радкевич В.Н. Проектирование систем электроснабжения: учеб пособие. Мн.: НПООО «ПИОН», 2001. 292 с.
2. Прата Стивен. Язык программирования C. Лекции и упражнения, 6-е изд. СПб.: ООО «Диалектика», 2019. С. 50–55.

УДК 697

БАЛАНСИРОВКА СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЙ

Р.Р. Кайбышева
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
kalipco199@gmail.com
Науч. рук. Д.В. Рыжков

Приведены различные методы и способы балансировки систем отопления в зданиях.

Ключевые слова: балансировка, арматура, автоматическая настройка, моделирование.

Научное издание

ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2021
«ЭНЕРГЕТИКА И ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ»

Международная молодежная научная конференция
(Казань, 28–30 апреля 2021 г.)

Материалы конференции

В трех томах

Том 2

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

Под общей редакцией ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллазянова

Компьютерная верстка О.В. Цветковой
Дизайн обложки Ю.Ф. Мухаметшиной

Подписано в печать 09.06.2021.
Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 26,45. Уч.-изд. л. 19,55.
Тираж 30. экз. Заказ № 5231.

Центр публикационной активности КГЭУ
420066, г. Казань, ул. Красносельская, д. 51

Отпечатано с готового оригинал-макета в ООО «45»
420044, г. Казань, пр. Ямашева, д. 36