

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік
университетінің ғылыми журналы
Научный журнал Павлодарского государственного
университета им. С. Торайғырова

*1997 жылы құрылған
Основан в 1997 г.*

İ Ì Ó
ÕÀÁÀÐØ ÛÑÛ

ÂÃÑÒÍ ÈÊ Ì ÑÓ

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СЕРИЯ

Научный журнал Павлодарского государственного университета
им. С. Торайгырова

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на учет средства массовой информации
№ 4533-Ж

выдано Министерством культуры, информации и общественного согласия
Республики Казахстан
31 декабря 2003 года

Главный редактор:

Арын Е.М., д.э.н., профессор (главный редактор);

Кислов А.П., к.т.н., доцент (зам. гл. редактора);
Бергузинов А.Н. (отв. секретарь);

Члены редакционной коллегии

Баубеков К.Т., к.т.н., доцент;
Глазырин А.И., д.т.н., профессор;
Глазырин С.А., к.т.н., доцент;
Захаров И.В., д.т.н., доцент;
Клецель М.Я., д.т.н., профессор;
Новожилов А.Н., д.т.н., профессор;
Тастянов А.Д., к.т.н., доцент;
Утегулов Б.Б., д.т.н., профессор;
Хацевский В.Ф., д.т.н., профессор;
Айтжанова Д.Н. (тех.редактор).

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели.

Мнение авторов публикаций не всегда совпадает с мнением редакции.

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов.

Рукописи и диски не возвращаются.

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник ПГУ» обязательна.

МАЗМҰНЫ

В.А. Бороденко

Басқару жүйелерінің MATLAB тілгеу проблемалары ортасы

В.А. Бороденко

**Энергетикалық желілерді автоматика тарапының принциптерді
эволюциясы сенімділік бағалаулары.....13**

Д.С. Ахметбаев

**Электр энергиялары таратқу коэффициенттерін есептеудің
топологиялық әдістемесі..... 16**

Д.К. Батырбеков

**Егер оратын комбайн мототиласының жетек ретінде
гидравликалық басқару түзбегі бар жағдайда қысық сапсыз**

Т.Н. Бекенов, Ж.Е. Ахметов

**Қызыл индустриясында инновациялық технологияларды
қолдану проблемалары мен перспективасы..... 26**

Т.В. Гоненко, В.Ф. Хацевский, К.В. Хацевский

**Қызыл индустриясында инновациялық технологияларды
қолдану табыстары және мәселелері..... 30**

**В.Н. Горюнов, К.С. Глюк, М.Я. Клецель, Ю.В. Павлюковский
Қырғыз Республикасының электр энергиясының өндірісін
орталық қорғанысы үшін қолданылады..... 34**

Ж. Д. Жайлаубаев

**Жаппай толқынның қысық дисперсиялық қасиеттерінің
қасиеттері. Т. Сағандықов, М. Бекбағов**

**Қызыл индустрияның бар роторлық экскаваторлармен
топырақты қазу және кесу кезіндегі пайда болатын кедергілер**

Ю.О. Мартышева, О.А. Науман, И.В. Захаров, Е.И. Захарова

Таспалы өндіріс кезінде жаппайлықтың пайдалы зерттеуі

С.Г. Сальников, С.А. Мендыбаев, Т.Б. Масакбаев

**Компрессорлық станцияның басқаруының автоматтандырылуы
жүйесінің қысықтарын және зерттеуі..... 58**

А.Н. Новожилов, Н.А. Исупова

**Алғашқы кезіндегі электр энергиясының қолданылуы
электр энергиясын жоюға..... 64**

Б.Б. Утегулов, С.С. Исенов

**Алғашқы кезіндегі электр энергиясының қолданылуы
жылдамдықты автоматты басқарулары асинхронды электр**

**В.Ф. Хацевский, Т.В. Гоненко, В.С. Чередиженко, К.В. Хацевский
Электр желілеріндегі руданың алып қалған қорының
барысында ресурсты жинау..... 77**

А.П. Кислов

**Ферромагниттік экрандағы индукциялық электр магниттік
жүйелердің электр параметрлерін талдауы..... 84**

В.И. Полищук

..... 89

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|--|
| В.А. Бороденко Проблемы моделирования систем управления в среде 6 | |
| В.А. Бороденко Эволюция принципов оценки надежности средств автоматики энергетических систем | |
| Д.С. Ахметбаев Топологический метод расчета коэффициентов токобеспределе | |
| Д.К. Батырбеков Основания бесступенчатой передачи гидравлической цепи | |
| управления, как привод мотвила зерноуборочного комбайна 2 | |
| Т.Н. Бекенов, Ж.Е. Ахметов Проблемы перспектив использования инновационных технологий | |
| в строительной индустрии..... 26 | |
| <i>Т.В. Гоненко, В.Ф. Хацевский, К.В. Хацевский</i> Инженерный метод расчета плоских многодорожечных нагреват | |
| В.Н. Горюнов, К.С. Глокк, М.А. Клецель, Ю.В. Павлюковский Использование закона Кирхгофа для построения | |
| централизованных защит электродвигателей и параллельных лин | |
| Ж. Д. Жайлаубаев Формирование массопотоков полидисперсного состава в шквар | |
| К.Т. Саканов, К.М. Искаков Сопротивления, возникающие при резании и копании | |
| грунта роторными экскаваторами с различными рабочими орг | |
| Ю.О. Мартышева, О.А. Науман, И.В. Захаров, Е.И. Захарова Исследование эффекта близости в ленточных проводниках 5 | |
| С.Г. Сальников, С.А. Мендыбаев, Т.Б. Масакбаев Разработка исследования математической модели автоматизированной | |
| системы управления компрессорной станции 58 | |
| А.Н. Новожилов, Н.А. Исупова Гистерезис энергетических параметров в центрированных | |
| асинхронных двигателях..... 64 | |
| Б.Б. Утегулов, С.С. Исенов Разработка программного обеспечения автоматического управления | |
| скорости в двухдвигательном асинхронном электроприводе 6 | |
| В.Ф. Хацевский, Т.В. Гоненко, В.С. Чередищенко, К.В. Хацевский Ресурсосбережение при эксплуатации трудвосстановительных | |
| электропечей..... 77 | |
| А.П. Кислов Анализ электрических параметров индукционно-электромагнитных | |
| систем с ферромагнитными экранами..... 84 | |
| В.И. Полищук 89 | |

CONTENT

| | |
|---|-----------|
| V.A. Borodenko Problems of modelling of control systems in MATLAB environment | |
| V.A. Borodenko Evolution of principles of the estimation of reliability of power supply systems automatics | 13 |
| D.S. Akhmetbayev Topological method of calculating current distribution indices | 16 |
| D.K. Batyrbekov New force stepless transmission with hydraulic control circuit as drive of grain combine | 22 |
| Zh.E. Achmetov Problems and prospects of use of innovative technologies in the building industry | 26 |
| <i>T.V. Gonenko, V.F. Khatsevskiy, K.V. Khatsevskiy</i> Engineering approach analysis of flat multitrack heater | 33 |
| В.Н. Горюнов, К.С. Глюкк, М.А. Клецель, Ю.В. Павлюковский | 34 |
| Ж. Д. Жайлаубаев | 42 |
| K.T. Sakanov, K.M. Iskakov Resistance which occurs in cutting and kopan ground bucket wheel excavators with various working bodies..... | 46 |
| J.O. Martycheva, O.A. Nauman, I.V. Zakharov, E.I. Zakharova Research of effect of affinity in tape conductors..... | 50 |
| S.G. Sal'nikov, S.A. Mendibaev, T.B. Masakbaev Working out and research of mathematical model of a control system of compressor station..... | 58 |
| A.N. Novogilov, N.A. Isupova Losses of the electric power from technological exsentrissetarotor of asynchronous engines | 64 |
| B.B. Utegulov S.S. Issenov Development algorithm work device autocontrol to velocities in double-motor anisochronous electric drive | |
| V.F. Khatsevskiy, T.V. Gonenko, V.S. Cherednichenko, K.V. Khatsevskiy Recourses saving of ore reducing electric furnaces at operation | 77 |
| A.D. Kislov The analysis of electrical parameters of induction electromagnetic system with ferromagnetic screens..... | 84 |
| V. Polichshuk Mathematical modeling approach of magnet flux of the end shield of the turbo-generator | 89 |

ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В СРЕДЕ MATLAB

В.А. Бороденко

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова

Для компьютерного моделирования систем регулирования и управления используется программный продукт MATLAB® фирмы Math Works, Inc [1], который де-факто стал стандартом в проектных, исследовательских, научных и учебных организациях. Целесообразно проанализировать, насколько эта программа пригодна для использования в учебном процессе при преподавании теории автоматического управления (ТАУ).

Основные проблемы, затрудняющие использование указанной среды в учебном процессе высшей школы при подготовке бакалавров и магистров, можно разделить на три группы: это полное отсутствие некоторых общепринятых у нас методов анализа и синтеза систем управления в западной практике и, соответственно, в MATLAB; неодинаковая трактовка некоторых методов в зарубежной и отечественной практике; и, наконец, просто ошибки или неувязки, заложенные в среду MATLAB при её создании.

В первую группу, например, следует отнести полное отсутствие здесь таких методов оценки устойчивости, как алгебраические критерии Гурвица и Рауса, критерий Михайлова, метод D-разбиения по одному или двум параметрам. Эту проблему можно решить, вводя собственные функции в виде специально созданных m-файлов, что позволяет сделать открытая архитектура MATLAB, либо используя нетрадиционно штатные средства программы. Примером первого подхода являются разработанные нами в виде m-файлов функции `hurwitz` и `routh` [2], используемые для расчета устойчивости по критериям Гурвица и Рауса. Для получения кривой D-разбиения по одному параметру нами используется штатная функция `nyquist`, учитывая, что программа производит расчет характеристик в диапазоне частот от минус до плюс бесконечности.

С помощью этой же функции может быть выполнено построение годографа Михайлова, причем целесообразно самостоятельно задать диапазон частот f (в примере от 0 до 2 рад/с с шагом 0.1) и указать у дроби передаточной функции единицу в качестве знаменателя, поскольку вводится только числитель, равный характеристическому полиному.

```
>> f=0:0.1:2;  
>> d=[1 2 3 4 1];  
>> nyquist(d, 1, f)
```

На графике следует убрать кривую при отрицательных частотах (рисунок 1), для чего снять флажок в меню Show-Negative Frequencies программы.

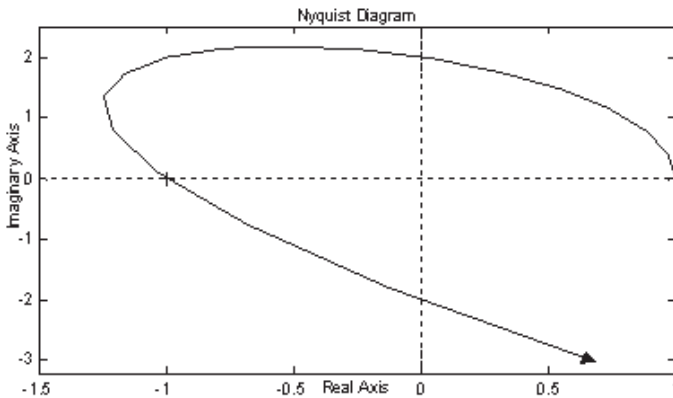


Рисунок 1

Аналогичный результат может быть получен без использования функции `nyquist()`. Надпись к графику, оси и подписи к ним придется делать самостоятельно, зато не будет креста в точке $(-1, j0)$.

```
>> d=[1 2 3 4 1]; w=0:0.01:2; f=0+j*w; h=polyval(d,f);
>> plot(h,grid); title('Критерий Михайлова')
```

Приводимая далее специально разработанная функция `uv()` [3] реализует критерий Михайлова (вторую форму) путем вычисления коэффициентов четной и нечетной функций и выводом (если указано в левой части выражения) их корней, т.е. частот пересечения графиков $U(\omega)$ и $V(\omega)$ с осью абсцисс.

```
function [u,v,ur,vr] = uv(p)
```

% Входной параметр - полином p, выходной - векторы U и V

```
n=length(p); pp=p; p=flipr(p);
m=n-(n~=fix(n/2))*2;
k=0;kk=1;
for i=1:n
    if k==2
        k=0;kk=kk*(-1);
    end
    p(i)=p(i)*kk; k=k+1;
end
ut=[];vt=[];urt=[];vrt=[];
```

```

i=1:2:n; ut(i)=[ut,p(i)];
i=1:2:m; vt(i)=[vt,p(i+1)];
ut=fliplr(ut);vt=[fliplr(vt),0];
urr=roots(ut);vrr=roots(vt); % вычисление корней
функций
mur=(real(urr)>=0 & imag(urr)==0); % выбор действительных
частот
mvr=(real(vrr)>=0 & imag(vrr)==0);
for i=1:length(urr) % формирование вектора частот четной
функции
if mur(i)==1
urt=vertcat(urt,urr(i));
end
end
for i=1:length(vrr) % формирование вектора частот нечетной
функции
if mvr(i)==1
vrt=vertcat(vrt,vrr(i));
end
end
if nargin==0 % проверка необходимости строить график
w=0:0.01:(max([urt vrt])*1.1); % до максимальной
частоты
f=0+j*w; h=polyval(pp,f);
plot(w,real(h),w,imag(h),'--',w,0,'k.-'),
grid;
title('Критерий Михайлова (форма 2)');
xlabel('Частота, рад/с'); legend boxoff;
% без рамки
legend('U(w)', 'V(w)', 'location', 'best') % выбрать
место
else
u=ut;v=vt;ur=urt;vr=vrt; % только вывод полиномов
и частот
end
Результатом обращения к этой функции с указанием выходных
аргументов (слева от знака равенства) будет вид четной и нечетной функций,
представленных коэффициентами, и их корни (частоты)
>> den=[1 2 3 4 5]; [u,v,ur,vr]=uv(den)
u =
1 0 -3 0 5

```



```

v =
    -2     0     4     0
ur =
    []
vr =
    0

```

1.4142

откуда видно, что частот пересечения графиков с осями только две, это 0 и 1.4142 (при построении частотных характеристик мнимые, комплексные и отрицательные частоты должны отбрасываться, что и делает разработанная функция), причем обе принадлежат нечетной функции $V(\omega)$. Средствами MATLAB можно придать стандартный вид четной и нечетной функциям, используя символьную переменную 'w'.

```

>> u=poly2sym(u,'w')
u =
w^4-3*w^2+5
>> v=poly2sym(v,'w')
v =
-2*w^3+4*w

```

График (рисунок 2), построенный с помощью этой же функции, но при обращении без выходных аргументов, подтверждает сделанные выводы – система неустойчива, так как отсутствует поочередное пересечение характеристиками оси частот (чередование корней).

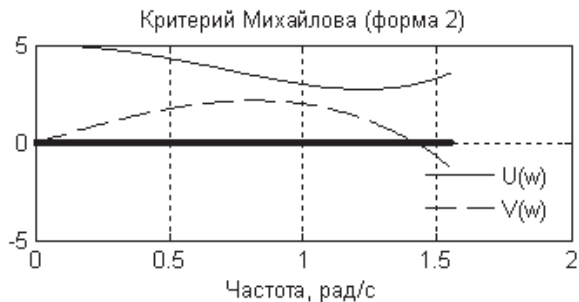


Рисунок 2

Рассмотрим пример D-разбиения по двум параметрам в MATLAB.

Для построения методом D-разбиения области устойчивости в пространстве параметров T и k системы четвертого порядка с характеристическим уравнением $D(s)=Ts^4 + (2T + 1)s^3 + (2T+2)s^2 + 2s + k = 0$ воспользуемся достаточным условием $\Delta_3 = a_3(a_1a_2 - a_0a_3) - a_1^2a_4 \geq 0$ критерия Гурвица и

сформируем по нему функцию $Z(T, k)$, подставив значения параметров. При вычислениях заменяем T на x и k на y , чтобы не объявлять символьные переменные, поскольку переменные x , y и z для двумерных функций MATLAB принимает по умолчанию. Задав пределы изменения постоянной времени $0 \leq T \leq 2$ и коэффициента усиления $0 \leq k \leq 4$ с шагом 0.1, построили с помощью функции `contourf()` график с залитой зеленым цветом областью устойчивости $D(\theta)$ (рисунок 3).

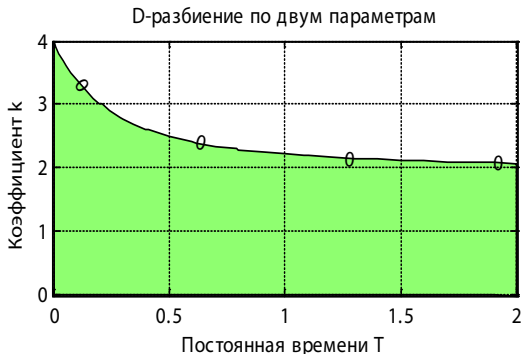


Рисунок 3

```
>> [x,y]=meshgrid(0:0.1:2,0:0.1:4); % сетка значений
>> z=2*((2*x+1).*(2*x+2)-x^2)-(2*x+1).^2.*y; %
функция
% построить контурный график и залить область, выделенную на уровне
0-0
>> [c,h]=contourf(x,y,z,[0 0]);
>> set(h,'showtext','on'); % включить печать значений
уровней
>> title('D-разбиение по двум параметрам'); grid;
>> xlabel('Постоянная времени T'); ylabel('Коэффициент k')
```

График не учитывает требований, вытекающих из необходимых условий устойчивости $a_i > 0$, а именно: $T > 0$ — вытекает из требования $a_0 = T > 0$, и $k > 0$ — обусловлено требованием $a_4 = k > 0$. Эти условия учтены выбором пределов изменения параметров, начиная от нуля.

В качестве примера проблем третьей группы укажем обработку программой транспортной задержки при использовании конструктора структурных схем Simulink. Звено чистого запаздывания (Transport Delay) моделируется в Simulink приближенно разложением в ряд Паде. При составлении схемы в свойствах типового блока необходимо указать время

задержки τ Time Delay (секунд) и обязательно порядок разложения Pade Order. При нулевом порядке, который выставлен по умолчанию, задержка проявляется на экране приборов (Score), но у линеаризованной модели коэффициент передачи звена будет равен единице и задержка отсутствует, независимо от того, какая величина ее была установлена. Это зачастую не выявляется студентами и приводит к ошибочному построению кривой переходного процесса или амплитудно-фазовой частотной характеристики.

Используя разложение Паде, MATLAB воспроизводит задержку в виде провала или отрезка с колебаниями в начале переходного процесса, что не соответствует реальному виду кривой. Во избежание этого можно использовать график с экрана Score, открыв в нем кнопкой Parameters окно с панелью Data history, установив флажок в опции Save data to workspace и формат Array вывода данных в переменную ScoreData. График строим командой `plot(ScoreData(:,1), ScoreData(:,2))`, grid, к его недостаткам следует отнести неравномерный шаг по времени и отсутствие автоматического определения показателей качества.

Имеются проблемы и при работе с символьной математикой. Не всегда выражение, возвращаемое функцией преобразования, приемлемо для дальнейшего использования, например, при достаточно простом изображении получается маловразумительный оригинал

```
>> w=5/(s^3+2*s^2+3*s+4);
>> temp=ilaplace(w)
temp =
1/4*sum(_alpha*(-1+_alpha)*exp(_alpha*t),...
_alpha = RootOf(_Z^3+2*_Z^2+3*_Z+4))
```

Частично в этом случае помогают функция перевода в цифровой формат `vpa()` и ограничение числа разрядов вычисляемых чисел от 32, используемых по умолчанию, до меньшего значения, например, 4. Разовое применение `vpa()` к результату

```
>> temp=vpa(temp)
temp =
1.0938014797678091851515394567267*
exp(-1.6506291914393882188808009674262*t) - . . .
```

выводит выражение, которое не приводится здесь целиком в связи с нецелесообразностью полного воспроизведения – его в таком виде сложно даже прочитать. Попробуем преобразовать выражение в уменьшенный цифровой формат, который можно задать и отдельной функцией `digits(D)`, где D – число обрабатываемых разрядов. Однако, поскольку влияние этой команды на последующие операции нежелательно, лучше воспользоваться возможностью временного изменения числа разрядов в самой функции `vpa()`. Двойное преобразование функцией `vpa()`

обеспечивает эффект уменьшения разрядной сетки для всех чисел, входящих в преобразуемое выражение.

```
>> temp=vpa(temp,4)
temp =
1.094*exp(-1.651*t)-1.094*exp(-.1747*t)*cos(1.547*t)+1.044*exp(-.1747*t)*sin(1.547*t) +
+.2500*i*(2.087*exp(-.1747*t)*cos(1.547*t)+2.188*exp(-.1747*t)*sin(1.547*t)) +
+.2500*i*(-2.087*exp(-.1747*t)*cos(1.547*t)-2.188*exp(-.1747*t)*sin(1.547*t))
```

Однако и это выражение усложнено, т. к. содержит семь составляющих переходного процесса, включая даже мнимые, в отличие от трех составляющих, возвращаемых численной функцией `residue()` и соответствующих оригиналу $1.0938e^{-1.6506t} - 1.0938e^{-0.1747t}\cos(1.5469t) + 1.0436e^{-0.1747t}\sin(1.5469t)$.

```
>> [r,p,k]=residue(5,[1 2 3 4])
r =
1.0938
-0.5469 - 0.5218i
-0.5469 + 0.5218i
p =
-1.6506
-0.1747 + 1.5469i
-0.1747 - 1.5469i
k =
[]
```

Еще пример. Приводимое ниже выражение с гиперболическим синусом менее информативно, чем возвращаемый функцией `residue()` в числовом варианте результат $-0.5\exp(-3t) + 0.5\exp(-t)$, хотя и полностью ему адекватно. Вдобавок оно включает корень -2 , который на самом деле сократился с исключением соответствующей моды из переходного процесса, что может ввести пользователя в заблуждение.

```
>> w=(s+2)/(s^3+6*s^2+11*s+6);
>> temp=ilaplace(w)
temp =
exp(-2*t)*sinh(t)
```

Таким образом, прежде, чем использовать продукт MATLAB в учебном процессе, преподаватель должен соотнести результаты моделирования с теоретическими положениями, которые он будет излагать в ходе обучения, и разработать необходимые дополнения, приёмы работы с программой, либо приготовить объяснения на возможные вопросы обучаемых.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дьяконов В., Круглов В. **MATLAB**. Анализ, идентификация и моделирование систем. – СПб.: Питер, 2002.
2. Бороденко В.А. Оценка устойчивости линейной системы по критерию Рауса в среде **MatLAB 5.x** // Наука и техника Казахстана. – 2001. – №2. – С.180-185.
3. Бороденко В.А. Практический курс теории линейных систем автоматического регулирования. – Павлодар : Кереку, 2007. – 260 с.

Түйіндеме

Проблемаларды қарастырған, оқу процесінде бағдарламалық өнімде қолдануға қиналуы.

Resume

*The problems, complicating use of software product **MATLAB** in educational process, are considered.*

УДК 621.316.925

**ЭВОЛЮЦИЯ ПРИНЦИПОВ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ
СРЕДСТВ АВТОМАТИКИ ЭНЕРГОСИСТЕМ****В.А. Бороденко***Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова*

Устройства релейной защиты и автоматики (РЗА) электроэнергетических систем характеризуются эффективностью функционирования, под которой следует понимать способность выполнять предельное число функций, каждую с предельным эффектом [1]. При этом эффективность функционирования включает понятия технического совершенства и надежности, а техническое совершенство в свою очередь подразделяется на селективность и устойчивость функционирования. Отметим сразу, что если для устройств РЗ подход к оценке технического совершенства (селективности, чувствительности) представляется достаточно ясным – повреждение в защищаемой зоне, повреждение вне защищаемой зоны – то для устройств системной автоматики аналогичные показатели отсутствуют.

Простой перечень свойств, характеризующих надежность изделия (безотказность, долговечность, ремонтпригодность), говорит о том, что все они связаны не с идеей (способом) распознавания аварийного состояния объекта электроснабжения, заложенной в устройстве, а с конструктивными особенностями компонентов и связей между ними. Между тем, объем

реализуемых функций закладывается составляющими технического совершенства устройства, тогда как его аппаратная основа служит лишь для обеспечения этих функций.

С учетом изложенного качество устройств РЗА может быть охарактеризовано двумя понятиями: функциональной надежностью или надежностью функционирования (техническим совершенством) и аппаратной надежностью. Аппаратная надежность определяется, в первую очередь, выбранной элементной базой, отказами, выходом из строя элементов устройства. Функциональная надежность обусловлена принципом построения устройства, использованными признаками аварийного режима и нормами их контроля (уставками). Она в меньшей степени зависит от элементной базы и определяется общим алгоритмом функционирования устройств.

При разработке устройства РЗА расчет его аппаратной надежности считается обязательным, в связи с чем методы расчета аппаратной надежности описываются в учебной литературе, читаются в виде отдельной дисциплины. В то же время практически отсутствуют исследования по разработке методов оценки функциональной надежности, создания количественных показателей функциональной надежности, сравнения этих показателей в процессе выбора принципа построения устройства и алфавита используемых им информационных признаков аварийного режима.

Между тем, в системотехнику РЗА все в большей степени внедряются микропроцессоры и цифровые ЭВМ как аппаратная основа для построения программируемых автоматических устройств управления элементами энергосистемы в нормальных и аварийных режимах. Современный этап эволюции подобных средств сходен с тем этапом развития средств вычислительной техники, когда они только переходили от уникальных изделий отдельных фирм-производителей к стандартизированным устройствам на базе открытой архитектуры. Действительно, хотя производители современных комплексов РЗА на базе микропроцессоров и управляющих ЭВМ и придерживаются модульного принципа, однако ими поддерживается совместимость отдельных блоков только в границах собственных изделий. Тем не менее, можно предположить, что цифровые программируемые средства РЗА должны пройти, хотя и более медленно в связи с меньшей востребованностью и распространенностью по сравнению с компьютерами бытового и промышленного назначения, аналогичный путь к общей стандартизации аппаратной части. А это, в свою очередь, ведет к необходимости пересмотра роли аппаратной надежности.

При использовании микропроцессоров (МП), управляющих ЭВМ и программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) устройство разрабатывается в виде программного продукта, а аппаратная основа является стандартной и предоставляется фирмой-изготовителем, т.е.

совершенно не зависит от разработчика аппаратуры РЗА. Главное здесь – алгоритм функционирования, который может быть реализован на разной аппаратной основе.

Несомненно, в ходе разработки устройств возможно сравнение аппаратной надежности ЭВМ-платформ одного класса (назначения) разных фирм и выбор оптимального варианта по надежность-стоимостным показателям. Очевидно, что разработчик может также делать выбор аппаратной части, сравнивая платформы (основы) разных классов, например, ЭВМ и МП, ЭВМ и ПЛИС, МП и ПЛИС.

Однако и в этом случае аппаратная надежность от разработчика все равно не зависит, какой бы сложности устройство он не реализовывал программно – аппаратная часть при этом не изменяется. Иными словами, он просто выбирает подходящую аппаратную основу с заданным уровнем аппаратной надежности, который обязан обеспечить производитель. Основная тяжесть оценки аппаратной надежности при этом переносится на устройство сопряжения с объектом, т.е. входные и выходные согласующие элементы (формирователи сигнала, исполнительные реле), поскольку они не входят в состав средств вычислительной техники.

Заметим, что этот подход не отменяет использование при эксплуатации принципа оценки надежности работы устройства (системы) в целом по проценту правильных действий от общего количества возможных и фактических срабатываний.

Исходя из сказанного выше, при массовом переходе на программируемые средства РЗА более важную роль, на наш взгляд, будет играть оценка не аппаратной, а функциональной надежности. Следовательно, задача создания и развития методов такой оценки является сегодня актуальной. Примером одного из возможных путей оценки функциональной надежности устройств РЗА является методика [2], основанная на отдельных положениях теории релейных устройств (алгебры логики) и теории распознавания образов. Критерием функциональной надежности (эффективности функционирования) здесь является максимальная разница между числом режимов объекта, в которых исследуемое устройство автоматики действует правильно, и режимов, в которых устройство допускает отказы несрабатывания. Методика позволяет сопоставлять предполагаемые алгоритмы функционирования устройства в процессе его разработки и выбрать оптимальный вариант без учета того, на какой элементной базе в последующем будет реализовано устройство.

Одновременно возникает проблема оценки надежности программного обеспечения, неразрывно связанной с надежностью функционирования разрабатываемого устройства РЗА. Здесь должны применяться методы, присущие технологиям разработки программного обеспечения [3].

Таким образом, на наш взгляд, оценка эффективности функционирования

устройств автоматики, созданных с использованием компьютерных технологий, должна содержать три составляющие, связанные с оценкой надежности аппаратной (базовая аппаратура и УСО), надежности функционирования, определяемой принципом построения устройства, использованными признаками аварийного режима и нормами их контроля (уставками), и надежности программных средств.

ЛИТЕРАТУРА

1 Федосеев А.М. Релейная защита электроэнергетических систем. Релейная защита сетей. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 520 с.

2 Бороденко В.А. Основы логических методов построения устройств противоаварийной автоматики подстанций с электродвигателями. – Павлодар : Изд-во ПГУ, 2006. – 265 с.

3 Технологии разработки программного обеспечения: Учебник/ С. Орлов. — СПб. : Питер, 2002. – 464 с.

Tүйіндеме

Компьютерлік технологиялар осумен орайлас энергетикалық жүйелерді автоматика құралдарының сенімділік бағалаулары принциптардың эволюция жолдары қаралған.

Resume

Ways of evolution of principles of an estimation of reliability of automatics of power supply systems in connection with transition to computer technologies are considered.

УДК 621.315.1

ТОПОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТОВ ТОКОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Д.С. Ахметбаев

Основы топологии схемы замещения электрических сетей были заложены в классических работах Кирхгофа и Максвелла. Ими впервые введены понятия деревьев и получены топологические выражения для определителей матрицы проводимостей узлов \underline{Y}_y и матрицы сопротивлений контуров \underline{Z}_K .

В современной литературе эти топологические выражения для определителей Δ_y и Δ_K , записанные через величины ненаправленных деревьев и дополнений, известны как производные законов Кирхгофа [1].

Практическое применение топологических методов в анализе электрических цепей стало возможным после опубликования работ Персиваля, Сешу, Мэзона, Коутса и других. В работах [2,3] Персиваля В.С. выведены понятия общей ветви, отображающей группу деревьев и пары обобщенных ветвей, отображающей группу 2 – деревьев графа и даны теоремы для определения групп деревьев графа схемы, составленной из подсхем, связанных деревом параллельно и в виде контура. Эта теорема послужила основой при разработке, Ионкиным П.А., Соколовым А.А., способов отыскания деревьев путем разложения исходного графа схемы на узловые пары, по ветвям и по узлу.

В работах [1,4,5,6] изучались свойства определителей Δ_y, Δ_K и установлена связь определителей и миноров с подграфами, что позволила раскрыть топологическое содержание обобщенных параметров схем электрических цепей.

Рассмотрим схему электрической цепи, изображенной на рисунке 1а.

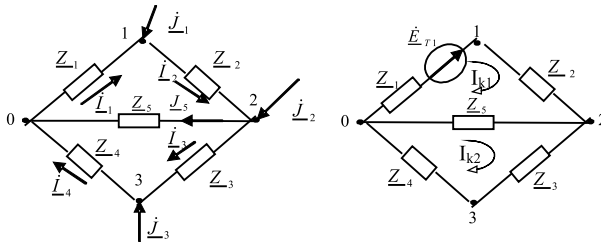


Рисунок 1 - Схема замкнутой цепи а) исходная схема, б) расчетная схема

Для определения первого столбца матрицы коэффициентов токораспределения

$$C = \frac{1}{Z_{11}Z_{22} - Z_5^2} = \begin{pmatrix} -(Z_2Z_{22} + Z_5(Z_3 + Z_4)) & -Z_5(Z_3 + Z_4) & -Z_4Z_5 \\ Z_1Z_{22} & -Z_5(Z_3 + Z_4) & -Z_4Z_5 \\ Z_1Z_5 & Z_5(Z_1 + Z_2) & -Z_4Z_{11} \\ Z_1Z_5 & Z_5(Z_1 + Z_2) & Z_3Z_{11} + Z_5(Z_1 + Z_2) \\ Z_1(Z_3 + Z_4) & (Z_1 + Z_2)(Z_3 + Z_4) & Z_4(Z_1 + Z_2) \end{pmatrix} \quad (1)$$

составляется система контурных уравнений

$$\left. \begin{aligned} Z_{11}\dot{I}_{\kappa 1} - Z_{5}\dot{I}_{\kappa 2} &= Z_1 \\ -Z_5\dot{I}_{\kappa 1} - Z_{22}\dot{I}_{\kappa 2} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

на основе расчетной схемы рисунка 1 б.

Полученные выше аналитические выражения для коэффициентов распределения узловых токов, на основе распределения единичного тока методом контурных уравнений, позволяют раскрыть топологическую сущность коэффициентов токораспределения и разработать методику их расчета на основе геометрического образа схемы электрической цепи [7]. Такой подход к определению коэффициентов токораспределения характеризуется наглядностью, протекаемых процессов при распределении узловых токов по ветвям схемы электрической цепи сложной структуры.

Для получения необходимой информации о топологических свойствах коэффициентов токораспределения, преобразуем их аналитические выражения, записанные в сопротивлениях, относительно проводимостей ветвей.

Полученные топологические формулы позволяют определить всевозможные деревья графа исходной схемы.

Определим матрицу коэффициентов токораспределения схемы, изображенной на рисунке 1 а, направленный граф, которой представлен на рисунке 2, с заданными проводимостями ветвей.

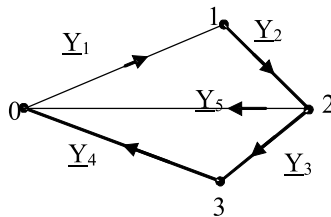


Рисунок 2 - Направленный граф схемы

Общий знаменатель всех коэффициентов токораспределения определяется в виде суммы величин всевозможных деревьев ненаправленного графа

$$\begin{aligned} \sum F &= \underline{Y}_1 \underline{Y}_5 \underline{Y}_4 + \underline{Y}_1 \underline{Y}_5 \underline{Y}_3 + \underline{Y}_1 \underline{Y}_3 \underline{Y}_4 + \underline{Y}_1 \underline{Y}_2 \underline{Y}_3 + \underline{Y}_1 \underline{Y}_2 \underline{Y}_4 + \\ &+ \underline{Y}_2 \underline{Y}_5 \underline{Y}_4 + \underline{Y}_2 \underline{Y}_3 \underline{Y}_5 + \underline{Y}_2 \underline{Y}_3 \underline{Y}_4 \end{aligned} \quad (3)$$

изображенные на рисунке 3.

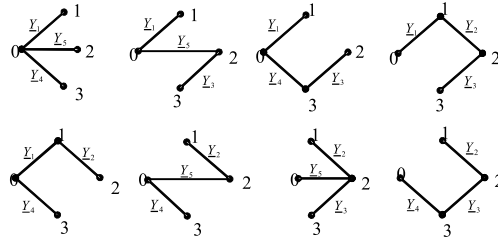


Рисунок 3 - Возможные деревья графа

Числители коэффициентов распределения узловых токов формируются на основе специально построенных деревьев графа, в зависимости от узла приложения единичного возмущения и ветви, где требуется, найти долю единичного тока.

Ветвь, в которой определяется доля единичного тока, вводится в дерево графа, направленным графом, что позволяет установить знаки слагаемых числителей коэффициента токораспределения.

Значение числителя C_{11} матрицы коэффициентов токораспределения формируется согласно вышеуказанным требованиям и определяется в виде суммы величин пяти возможных деревьев (рисунок 4).

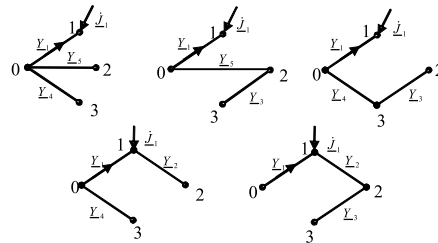


Рисунок 4 - Деревья графа числителя C_{11} по формуле:

$$\sum F = -(Y_1 Y_4 Y_5 + Y_1 Y_3 Y_5 + Y_1 Y_3 Y_4 + Y_1 Y_2 Y_3 + Y_1 Y_2 Y_4). \quad (4)$$

Следовательно, значение первого элемента матрицы C , равно

$$C_{11} = -\frac{\sum F_{11}}{\sum F}.$$

Числитель второго элемента F_{21} первого столбца матрицы коэффициентов токораспределения определяется на основе специально построенных деревьев графа, изображенных на рисунке 5

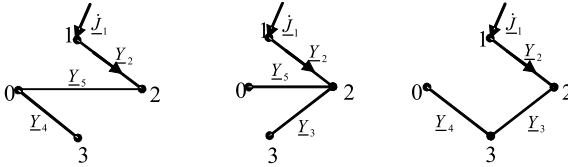


Рисунок 5 - Деревья графа числителя C_{21} и определяется в виде:

$$\sum F_{21} = \underline{Y}_2 \underline{Y}_4 \underline{Y}_5 + \underline{Y}_2 \underline{Y}_3 \underline{Y}_5 + \underline{Y}_2 \underline{Y}_3 \underline{Y}_4. \tag{6}$$

Числители коэффициентов C_{31} и C_{41} формируются только одним деревом графа, изображенным на рисунке 6.

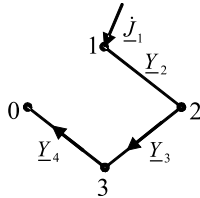


Рисунок 6 - Дерево графа числителей C_{31} и C_{41} Соответственно, их значения будут равными

$$\sum F_{31} = \underline{Y}_3 \underline{Y}_2 \underline{Y}_4, \quad \sum F_{41} = \underline{Y}_4 \underline{Y}_2 \underline{Y}_3 \tag{7}$$

Деревья графа, выбранные для формирования числителя C_{51} из множества всевозможных деревьев, изображены на рисунке 7.

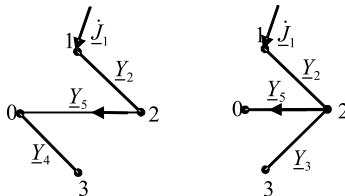


Рисунок 7 - Деревья графа числителя C_{51} суммарное значение деревьев определяется в виде:

$$\sum F_{51} = \underline{Y}_5 \underline{Y}_2 \underline{Y}_4 + \underline{Y}_5 \underline{Y}_2 \underline{Y}_3 \tag{8}$$

Необходимо отметить, что все значения коэффициентов токораспределения первого столбца кроме имеют положительный знак, так как направление единичного тока совпадает с ранее выбранными положительными направлениями токов в ветвях исходной схемы.

Таким образом, легко могут быть найдены все остальные элементы матрицы коэффициентов токораспределения, на основе предлагаемого топологического метода.

На основе анализа вышеизложенного подхода можно сформировать методику построения матрицы по следующей последовательности:

1. Построить направленный граф схемы;
2. Обозначить и определить величины ребра графа с соответствующими проводимостями ветвей;
3. Каждый столбец матрицы формируется самостоятельно, поочередным приложением единичного возмущения к вершинам графа;
4. Общий знаменатель числителей коэффициентов распределения узловых токов определяется суммой произведений проводимостей всех деревьев графа;
5. Для определения доли единичного тока k – го узла в i – ой ветви, выбирается среди возможных деревьев такие, которые содержат в себе направленный граф i – ой ветви в пути от k – ой вершины к базисной. Если направленный граф ветви совпадает с направлением единичного тока в этой ветви, то произведение берется со знаком плюс, в противном случае – со знаком минус;
6. Числители коэффициентов токораспределения формируются алгебраической суммой произведений проводимостей деревьев, определенных в соответствии с пунктом 5.

Выводы

1. Аналитические формулы элементов матрицы коэффициентов токораспределения, полученные на основе контурных токов, является основой анализа топологических свойств коэффициентов токораспределения.
2. Применение топологического метода существенно повысит эффективность множества расчетов сложных схем, выполняемых применением матриц коэффициентов токораспределения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гераскин О.Т. Топологическое содержание узлового и контурного определителей электрической сети и расчет их величин при помощи ЦВМ // Известия АН СССР. Энергетика и транспорт, 1966. №2. – С. 59-70.
2. Percival W.S. Solution of passive electrical networks by means of mathematical trees // Proceedings IEE (London), 1953, v.100, pt.III. №65. – P. 143-150.

3. Percival W.S. Improved matrix and determinant methods of solving networks // Proceedings IEE (London), 1954, v.101, pt.IV. №7. – P. 258-265.

4. Гераскин О.Т. Основные топологические формулы для расчета пассивных электрических сетей // Известия АН СССР. Энергетика и транспорт, 1967. №3. – С. 60-66.

5. Гарибян Р.М. Топологический метод разложения графа сети на части // Известия АН СССР. Энергетика и транспорт, 1975. №8. – С. 7-10.

6. Гераскин О.Т. Топологический анализ коэффициентов токораспределения в электрических сетях. Известия вузов СССР, Энергетика, №5, 1967, 20-24 с.

7. Ахметбаев Д.С. Топологический метод расчета матриц коэффициента токораспределения. Вестник. НИИ РК.- Алматы, 2009. № 4. с.97-100.

Түйіндеме

Жұмыста электр тізбегінің сызбаларын, топологиялық негізінде сипаттайтын графтар арқылы электр ағындарының таралу коэффициенттерін есептейтін жаңа әдістеме берілген.

Resume

In this article a new way of calculating main current distribution indices on the basis of flow graph of electric circuit is stated. A general characteristic of using a current distribution indices matrix for electrical calculation of power system circuits.

УДК 631.354

НОВАЯ СИЛОВАЯ БЕССТУПЕНЧАТАЯ ПЕРЕДАЧА С ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ЦЕПЬЮ УПРАВЛЕНИЯ, КАК ПРИВОД МОТОВИЛА ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Д.К. Батырбеков

Казахский национальный аграрный университет

Технологические свойства зерновых культур (урожайность, длина стеблей, полеглость стеблестоя, соломистость хлебной массы) влияют на параметры и режимы рабочих органов зерноуборочных комбайнов. Показатели этих свойств весьма существенно варьируют в процессе уборки даже на одном поле. Поэтому задача жатвенной части зерноуборочного комбайна и состоит, а том, чтобы с учетом изменения этих показателей и

скорости движения агрегата обеспечить равномерно-допустимую подачу массы на молотильно-сепарирующие системы комбайна. Только в этом случае потери зерна при уборке будут минимальны.

Равномерность подачи массы в значительной мере зависит от правильно выбранной частоты вращения мотопила, что практически невозможно без использования бесступенчатого вариатора. Именно поэтому выбор типа бесступенчатого вариатора и обоснование его параметров и режимов работы определяют актуальность.

Работами многих исследователей доказана необходимость регулировки частоты вращения мотопила. В зависимости от скорости движения комбайна окружная скорость планок мотопила должна превышать первую в 1,5...2,2 раза. Для регулировки частоты вращения, применяют гидравлический управляемый клиноременной вариатор.

Эти вариаторы имеют недостаток - ступенчатое регулирование при износе уплотнительных манжет вариатора. Они не могут удерживать заданную частоту вращения и по этой причине происходят потери зерна при уборке.

Назначение мотопила – подводить сначала стебли к ножу, а после среза к шнеку, поддерживать их в момент среза и очищать от них режущий аппарат. Зависимости от особенностей культуры и условий уборки мотопило регулируют по количеству оборотов. Чтобы мотопило могло нормально работать, окружная скорость его планок должна быть больше поступательной скорости жатки.

Разработана новая конструкция гидравлического вариатора бесступенчатой передачи, обладающая, по сравнению с известными, большим пределом регулирования малыми габаритами и массой при низкой себестоимости изготовления и защищенных комплексом патентов (известно, что изобретательство является важным, даже высшим, проявлением научной деятельности) [1].

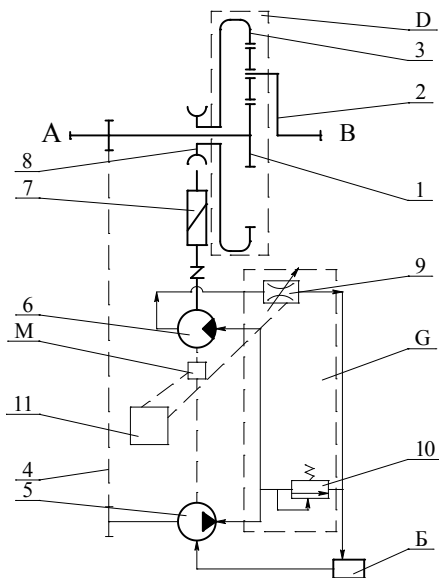
Предлагается нами бесступенчатая передача с гидравлическим вариатором (рисунок 1) отличается тем, что в передаче содержащей дифференциал, звено 1, которое соединено с карданом звено 3, через самотормозящий механизм с выходным валом средства регулирования Р (вариатор) [2, 3].

Ведущий вал А соединяется с червяком через гидравлическую связь, включающую гидронасос, гидропривод и гидромотор, гидропривод имеет дроссель слива и перепускной клапан, валы гидронасоса и гидромотора соединены управляемой муфтой. Регулируемый дроссель и управляемая муфта кинематически связаны с пультом управления бесступенчатой передачи.

Передача содержит дифференциал D имеющий звено 1, соединенный с ведущим валом А, звено 2 – с ведомым валом В и управляемым звеном 3. Ведущий вал А через привод 4, гидронасос 5, гидропривод G, гидромотор

6, червяк 7 и колесо 8 связан с управляемым звеном 3 дифференциала D. Гидропривод оснащен дросселем слива 9, перепускным клапаном 10 и баком Б. Муфта М и дроссель 9 гидропривода G кинематически связаны с пультом 11 управления бесступенчатой передачи.

Устройство работает следующим образом. Передаточное отношение бесступенчатой передачи с гидравлической связью регулируется изменением величины потока рабочей жидкости от гидронасоса 5 к гидромотору 6, которая проходит через дроссель 9 и сливается в бак Б. При запертом дросселе 9 в системе повышается давление жидкости, что приводит к срабатыванию перепускного клапана 10, сливающего часть жидкости в бак Б, минуя гидромотор 6. Червяк 7 и звено 3 дифференциала не вращаются, а ведомому валу В сообщается максимальная частота вращения. Открывая дроссель 9 гидропривода G, сообщают вращение червяку 7 и звену 3. Дросселем устанавливают необходимую частоту вращения вала В.



1 – ведущее звено; 2 – ведомое звено; 3 – управляемое звено; 4 – привод (цепная передача); 5 – гидронасос; 6 – гидромотор; 7 – червяк; 8 – червячное колесо; 9 – дроссель; 10 – перепускной клапан; 11 – пульт управления бесступенчатой передачей; Б – гидробак; М – муфта; D – дифференциал; G – гидропривод

Рисунок 1 – Бесступенчатая передача с гидравлическим вариатором для привода мотовила жатки

Остановка ведомого вала В достигается при полностью открытом дросселе 9, т.е. при соединенных между собой валах гидронасоса 5 и гидромотора 6, муфтой М. В случае использования гидронасоса и гидромотора с разными техническими характеристиками устанавливают между валами муфту М с редуктором.

Передача имеет также самотормозящий, например червячный механизм, посредством которого управляемое звено 3 связано со средством Р регулирования частоты вращения звена 3.

Самотормозящий механизм состоит из жестко соединенного со звеном 3 колеса 8 и червяка 7.

Средства регулирования могут выполняться разными вариаторами (механический, гидравлический, электрический), который кинематически связан с ведущим валом.

Предложенный бесступенчатый привод отличается от предыдущего тем, что вместо силовой используют кинематическую цепь управления не участвующий в передаче мощности, дающий возможность улучшить надежность конструкций и большой диапазон регулирования.

Новая схема гидравлического вариатора на базе двухподвижного зубчатого дифференциала, замкнутого регулируемой объемной гидropередачей с самотормозящимся червячным зубчатым механизмом, действительно позволяет избежать указанного недостатка, присущего альтернативным вариатором. Такой вариатор, созданный на уровне изобретения, могут найти применения как передаточные механизмы: в станках, тракторах и комбайнах, автомобилях, в машинах водного и воздушного транспорта, сельскохозяйственных машинах, а также в буровых и глубиннонасосных установках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бесступенчатая передача. Предварительный патент №19323. Заявка № 2006/0680.1 Комитет по правам интеллектуальной собственности МЮ РК, 15.04.2008г. Бюлл. №4.
2. Батырбеков Д.К. Обоснование параметров и режимов работы гидравлического вариатора бесступенчатой передачи. /Труды международной научно-технической конференции «Современные проблемы механики, строительства, машиностроения». Т.1. – Павлодар, 2006.-С. 115-119.
3. Жунибеков П.Ж., Батырбеков Д.К., Темирбеков Ж.Т. Использование бесступенчатой передачи для привода мотвила жатки // Вестник. Бишкек, 2006. – С. 132-133.

Түйіндеме

Мақалада сатысыз беріліспен кинематикалық тізбекте орналасқан гидравликалық басқарылатын жетектің негізі келтірілген.

Resume

In the article is described hydraulic controlled drive which is kinematically connected with stepless transmission

УДК 625.08

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ

Т.Н. Бекенов, Ж.Е. Ахметов

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова

До недавнего времени основное количество тротуарных плит производились методом пластического формования. К недостаткам этого метода необходимо отнести то, что необходимо сушить отформованный продукт. Для качественной поверхности тротуарной плиты необходимо, чтобы процесс сушки происходил медленно. В результате сушка занимает от 3-х дней до нескольких недель, и несмотря на то, что многие заводы вводят в глину целый комплекс элементов для уменьшения растрескивания плиты в процессе сушки (такие как шамот, опилки, уголь, сланец и др.), все равно добиться, чтобы тротуарная плита не растрескалась удается не многим.

Сегодня каждый руководитель завода пластического формования стоит перед выбором - пытаться производить более менее качественный кирпич. А для этого требуется увеличить срок сушки кирпича и увеличить количество добавок в шихте. Первое увеличивает потребление энергоносителей в 1,5-2 раза, второе тоже приводит к удорожанию готового кирпича, поскольку любая добавка стоит значительно дороже глины.

Или же производить более дешевый, но низкокачественный кирпич. Вторым недостатком метода пластического формования является то, что для получения качественного кирпича глину необходимо качественно переработать, что требует больших затрат на электроэнергию. Поэтому большинство отечественных предприятий использует минимальный комплект перерабатывающего оборудования, что отнюдь не способствует качеству выпускаемого кирпича.

Особенно хочется сказать об использовании парка сушильных и обжиговых вагонеток. Так, для кирпичного завода мощностью 10 млн штук кирпича в год, требуется около 100 обжиговых вагонеток, 500-800 сушильных вагонеток и около 20000 сушильных рамок.

Учитывая, что и те и другие вагонетки работают в агрессивных средах, срок их эксплуатации небольшой, и как следствие стоимость ремонта и возобновления парка вагонеток занимает значительное место в себестоимости кирпича. Применение современного оборудования западных фирм, таких как Келлер (Keller), Серик (Ceric), Морандо (Morando), позволяет частично избавиться от этих недостатков и получить качественный кирпич. Однако этот кирпич весьма дорог и используется в основном более богатой частью населения, а стоимость одного только оборудования оценивается десятками миллионов долларов, так, что едва ли заводы, использующие импортное оборудование найдут широкое применение.

Другим способом производства тротуарных плит является метод полусухого формования. Данный способ был распространен на заводах бывшего СССР в 50-е годы прошлого века, однако длительное время считался неперспективным. В конце 70-х - начале 80-х годов технология переработки глины была усовершенствована, после чего этот способ вновь стал рекомендоваться для строительства предприятий [1].

Данный метод широко распространен в Российской Федерации, где практически половина крупных кирпичных заводов работают по этой технологии. Заводы по производству тротуарных плит полусухим методом также работают в Белоруссии и на Украине.

Преимуществом традиционного полусухого способа производства является отсутствие перекладки сырца с сушильной печи на печную вагонетку. А также возможность использовать как обычные глинистые породы, в том числе с карбонатными включениями, так и плотные трудноразмокаемые - глинистые сланцы. Еще при данном способе формования можно использовать отходы угледобычи и углубогащения.

Среди его недостатков - невозможность производства эффективных и высокопустотных изделий, запыленность производственных помещений, низкая производительность прессов полусухого прессования. К достоинствам этого метода, в добавление к уже названным, можно отнести следующее. Не требуется затрат на энергоносители для сушки и ввода в глину добавок для улучшения сушильных свойств тротуарных плит. Соответственно, технологическое оборудование более простое и потребляет значительно меньше электроэнергии, чем на заводе пластического формования. Одновременно снижаются затраты на строительство завода, так как оборудование для полусухого прессования стоит дешевле, размеры здания значительно меньше, отсутствует отделение для сушки кирпича, которое обычно занимает довольно

большую площадь. При новом строительстве завод полусухого формования занимает в 1,5-2 раза меньшую площадь, чем аналогичный пластического, и его строительство обходится в 2~2,5 раза дешевле. Себестоимость тротуарной плиты, отформованного по полусухой технологии, на 25-30% ниже себестоимости кирпича пластического формования.

В связи со спецификой поведения глинистой полусухой смеси в производстве кирпича применяют формовочные машины статического действия и в большей части - с механическим приводом. Поиск более совершенных путей их развития привел к созданию в 60-х годах нового научно-технического направления, основанного на применении прессов с гидрообъемным приводом [2,3]. Уже первоначальные результаты этих работ показали, что применение гидравлического привода позволяет создать формовочные машины, обладающие большими функциональными возможностями для регулирования режима прессования в зависимости от свойств исходного сырья, малыми массогабаритными размерами, более высоким по сравнению с механическими прессами КПД и улучшенными эргономическими характеристиками. Вместе с тем они требуют тщательного ухода за техническим состоянием гидропривода, применения современных методов диагностики.

Развитие этого направления за рубежом привело к созданию в последние годы портативных машин, которые постепенно дополняют и вытесняют механические прессы с громоздкой и сложной трансмиссией. Эти машины в сочетании с другим технологическим оборудованием, скомпонованным из отдельных модулей, имеющих транспортные габариты, встроенные системы контроля, приобретают новое качество как механизированный комплекс в мобильном исполнении, способный быстро перебазироваться и эксплуатироваться в местах потребности [4,6]. Опыт применения таких комплексов показывает возможность их использования, как на кирпичных заводах, так и автономно, в сочетании с технологией производства безобжиговых изделий.

При их использовании в условиях производства тротуарных плит сокращается число единиц оборудования в технологических переделах, исключается операция искусственной сушки, уменьшается число работающих, а при технологии производства безобжиговых тротуарных плит значительно снижается себестоимость продукции [5,7].

Однако из существующей научно-технической информации нельзя получить сколько-нибудь полные сведения о параметрах машин для изготовления тротуарных изделий, степени их обоснованности, рекомендациях по применению, выбору параметров в зависимости от свойств исходной смеси, предъявляемых требований к прочности изделий основным показателям и производительности машин.

Следует отметить, что данная область применения прессовых машин в отличие от других областей техники, в которых используются аналогичные технологические процессы, имеет существенные отклонения, и использование их рекомендаций не представляется возможным в силу значительных различий исходных условий, рабочего процесса и требований к конечной продукции. Получение различных изделий из глиносодержащих смесей подобранных составов связано с необходимостью изменения не только формы, но и структуры и физико-механических свойств исходного материала.

Отсутствие прессовых машин, отвечающих перечисленным требованиям, недостаточная изученность технологии прессования изделий полусухим способом, на наш взгляд, являются основной причиной их не востребованности производством.

Отмеченные обстоятельства выдвигают актуальную проблему разработки научно обоснованной теории построения и проектирования формовочных машин с применением энергосберегающей технологии полусухого прессования. В решении рассматриваемой проблемы имеются определенные сдвиги, тем не менее, потребность в развитии теоретических и прикладных основ создания машин для формования изделий полусухим способом возрастает.

В связи с изложенными и проведенных анализов работ производства тротуарных плит полусухим способом формования цель работы состоит в разработке импульсного прессового оборудования и обосновании его основных параметров.

Таким образом, внедрение инновационной технологии в строительное производство требует решения следующих задач:

- анализ существующих технологии и оборудования по производству тротуарных плит;
- обоснование необходимости создания газоимпульсного оборудования для производства тротуарных плит;
- разработка модели для определения основных параметров газоимпульсной машины;
- разработка и изготовление экспериментальной и опытной установок;
- экспериментальные исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Строительные машины. / Под редакцией В.А. Баумана и Ф.А. Лапира -М.: Машиностроение, 1993. – 48 с.
2. Оборудование для производства строительных материалов и изделий.- М.: Машиностроение, 1987.-№ 5.
3. Виноградов В.М., Гурков Г.И. Использование кирпича и керамических камней в индивидуальных конструкциях. – М.: ВНИИЭСМ. – 1995. 64с.

4. Попильский Р.Я., Пивинский Ю.Е. Прессование порошковых керамических масс. -М.: Металлургия, 1993.-176 с.

5. Рохваргер Е.Л., Белопольский М.С., Добужинский В.И. и др. Новая технология керамических плиток. М.: Стройиздат, 1997.-232 с.

6. Бобылев А.Л. Вопросы теории, расчета усилий и совершенствование конструкций гидравлических прессов для переработки металлолома. Автореф, дисс... докт. техн. наук.-Днепропетровск, 1997.-34с.

7. Старик Д.Э. Экономическая эффективность машин. – М.: Машиностроение, 1983. – 112 с.

Түйіндеме

Бұл мақалада құрылыс индустриясында пайдаланылатын тротуар тақтайшаларын өндіруге арналған машиналар мен жабдықтарды жобалау мәселелері қарастырылған. Жаңа газимпульсті баспақты жобалап оны өндіріске енгізу шаралары ұсынылып отыр.

Resume

The article is adduced information about methods of making of equipments for making of side-walk tile. On the basis of survey information the article is adduced analysis of perspectives of using of different methods of pressing and propose variant of rise of quality of production by means of using of impulse moulding.

УДК 621.365.22

ИНЖЕНЕРНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ПЛОСКИХ МНОГОДОРОЖЕЧНЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ

Т.В. Гоненко, В.Ф. Хацевский

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова

К.В. Хацевский

Омский государственный технический университет,

г. Омск, Российская Федерация

Разработанные электротехнологии плазменного нанесения тонких слоев электропроводящих и электроизоляционных материалов [1, 2, 3] позволили создать плоские плазменно-напыленные нагреватели, не имеющие аналогов в практике использования электронагрева. Особенностью устройств нового типа являются тонкие токонесущие слои проводящего материала, нанесенные композиционно с электроизоляционными слоями на теплопроводящие подложки. Такая слоистая система позволяет создавать низкотемпературные

устройства, обеспечивающие существенное снижение температуры в токонесущих слоях, увеличивать срок службы, экологичность, электробезопасность, снижать материалоемкость и себестоимость электротехнологических установок.

На основе результатов комплексных исследований математической модели многодорожечных нагревателей на основе уравнения теплопроводности, экспериментальных исследований эксплуатационных характеристик нагревателей и решения электромагнитной задачи разработана методика расчета данных нагревателей.

При применении в качестве обогревательных приборов плоских плазменно-напыленных систем должна обеспечиваться минимальная возгонка и сжигание пылевой взвеси, понижающее процентное содержание кислорода и увеличивающее содержание вредных окислов (CO_2 и др.) в воздухе отапливаемого помещения. Такие требования удовлетворяются только при естественной конвективно-радиационной передаче тепла воздушной среде без ее принудительной циркуляции и температуре поверхности нагревателя не выше $90 \dots 100^\circ\text{C}$. Поэтому целесообразно именно этот диапазон температур взять в качестве оптимального при разработке методики расчета плоских плазменно-напыленных электронагревателей. При нагреве воды или масла эти соотношения также сохраняются.

С помощью численной модели были рассчитаны зависимости средней удельной поверхностной мощности q_s многодорожечного плоского нагревателя от теплопроводности подложки (материал подложки: сталь, алюминий, латунь), толщины подложки, отношения $(d-\delta)/\delta$ (где δ - ширина напыленной дорожки, d - расстояние между осями параллельных резистивных слоев) и коэффициентами теплообмена: для масла (рисунок 1) и воздуха (рисунок 2) при максимальной температуре на поверхности 100°C и перепаде температур на подложке $(\Delta T/T_{\text{max}}) = 0,1$.

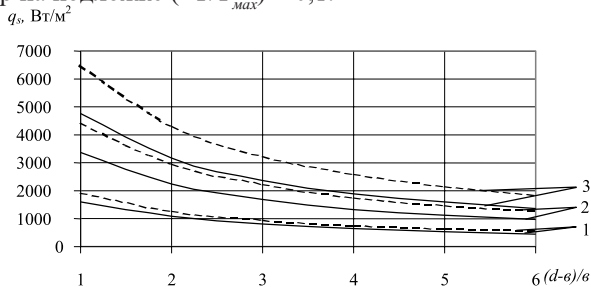


Рисунок 1 - Зависимость удельной поверхностной мощности q_s от параметра $(d-\delta)/\delta$ и коэффициента теплопроводности подложки λ_2 при толщине подложки $\delta_2 = 2$ мм () и $\delta_2 = 5$ мм (), коэффициенте теплоотдачи $\alpha = 100$ Вт/м²·К (масло)
1 - $\lambda_2 = 20$ Вт/м·К; 2 - $\lambda_2 = 100$ Вт/м·К; 3 - $\lambda_2 = 200$ Вт/м·К

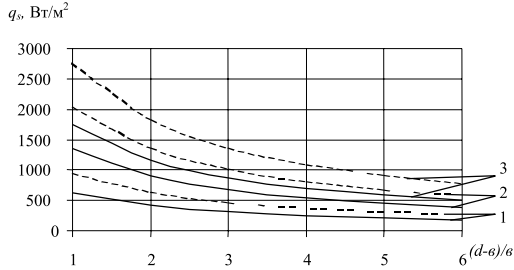


Рисунок 2 - Зависимость удельной поверхностной мощности q_s от параметра $(d-v)/v$ и коэффициента теплопроводности подложки λ_2 , при толщине подложки $\delta_2 = 2$ мм (—) и $\delta_2 = 5$ мм (---), коэффициенте теплоотдачи $\alpha = 20$ Вт/м²·К (воздух) 1 - $\lambda_2 = 20$ Вт/м·К; 2 - $\lambda_2 = 100$ Вт/м·К; 3 - $\lambda_2 = 200$ Вт/м·К

Полученные графики позволяют сделать вывод, что удельная поверхностная мощность q_s для рассмотренных диапазонов изменения коэффициентов теплообмена растет с повышением коэффициента теплопроводности материала и толщины подложки, приближаясь к параметрам идеального нагревателя, имеющего относительный перепад температуры по всей нагревающей поверхности $(\Delta T/T_{max}) < 0,1$. Кроме этого, удельная поверхностная мощность многорожечного нагревателя повышается с уменьшением параметра $(d-v)/v$, определяя рациональные диапазоны этого соотношения.

На рисунке 3 представлена зависимость отношения максимального температурного перепада на поверхности подложки ΔT к максимальной температуре многорожечного электронагревателя T_{max} от значения параметра $(d-v)/v$ при $T_{max} = 100$ °С.

Полученные зависимости, приведенные на рисунках 1, 2 и 3 позволяют определить оптимальные геометрические параметры многорожечных плоских электронагревателей при нагреве воздуха и масла следующим образом:

1. Определение по известной величине мощности нагревателя P и площади нагревающей поверхности S удельной поверхностной мощности $q_s = P / S$.

2. По предельной величине отношения $(\Delta T/T_{max}) = 0,1$ по рисунку 3 выбирается диапазон значений $(d-v)/v$.

3. По значению q_s и параметру $(d-v)/v$ из графиков на рисунках 1 и 2 оцениваются предпочтительное (рациональное) соотношения коэффициента теплопроводности и толщины подложки: λ_2 и δ_2 .

4. По условиям оптимальности находятся величины активной мощности Q для выбранных материалов подложки.

5. Рассчитывается рациональное соотношение длины и ширины резистивной дорожки нагревателя $(l/a) = U^2 \cdot \delta_1 \cdot \rho_{\text{ж}} / D$. При этом, учитывая

условия электробезопасности электронагревателей, принимается напряжение питания $U = 36$ В (для промышленного электронагрева ограничения по напряжению могут быть исключены), а значение толщины резистивного покрытия $\delta_1 = 0,2$ мм.

Методика расчета для нагрева воды отличается от методики для воздушного нагрева и включает в себя следующие пункты:

1. Определение мощности нагревателя по требуемому объему воды, времени нагрева, значению температуры нагрева воды, физическим характеристикам воды: $P = \gamma_{ж} \cdot V_{ж} \cdot c_{ж} \cdot (t_{ки} - t_{на}) / \tau_n$.

2. Выбирается конструкция нагревательной системы с использованием расчетов и рекомендаций, приведенных на рисунке 1.

3. По величине предельной удельной поверхностной мощности ($q_s = 4 \cdot 10^4$ Вт/м²) оцениваем в первом приближении площадь нагревающей поверхности: $F = P / q_s$.

4. Принимая максимальный срок службы нагревательного элемента 5 лет

из формулы $\tau = \frac{\gamma_{нак} \cdot \lambda_{нак}}{m_t} \left[(T_{нагр}^{max} - T_{воды}) q_s \right] - (\delta_2 / \lambda_2) - (1 / \alpha_{H_2O})$ находим необходимое соотношение коэффициента теплопроводности и толщины подложки: δ_2 / λ_2 .

5. Аналогично как для нагрева воздуха.

При этом сформулированы следующие условия оптимальности:

1. Удельная поверхностная мощность нагревателя для выбранных материалов подложки одинакова: $q_{латуни} / q_{стали} = q_{латуни} / q_{алюминия} = 1$.

2. Относительный перепад температур по ширине подложки равен $\Delta T / T_{max} = 0,1$. Максимальная температура нагревателя составляет $T_{max} = 100$ °С.

3. Отношение активной мощности нагревателя к его ширине величина постоянная $Q / d = const$ и составляет: для воздуха $Q / d = 3 \cdot 10^3$ Вт/м; для масла $Q / d = 14 \cdot 10^3$ Вт/м.

4. Отношение активных мощностей нагревателя для выбранных материалов постоянно и равно $Q_{латуни} / Q_{стали} = 2,1 \dots 2,2$; $Q_{алюминия} / Q_{стали} = 2,8 \dots 3$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гросман Б.С. Толстопленочные плоские нагреватели / Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 1992. - № 4. – Вып. 1.

2. Плазменное нанесение резистивных слоев ленточного электронагревателя / А.А. Ершов, Э.К. Урбах, В.А. Фалеев, В.С. Чередниченко // Физика низкотемпературной плазмы: Материалы конференции. – Петрозаводск: ПГУ. – 1995. – Ч. 3.

3. Создание низкотемпературного нагревателя методом плазменного напыления А.С. Аньшаков, А.М. Казанов, Э.К. Урбах и др. // Физика и химия обработки материалов. - 1998. - №3. - С. 56-61.

Түйіндеме

В статье рассматривается инженерный метод расчета плоских нагревателей. Показано, что при установленных оптимальных соотношениях ширины дорожек к расстоянию между ними, теплопроводности и толщине подложки параметры нагревателя приближаются к параметрам идеального нагревателя.

Resume

The engineering analysis of a flat heaters are considered in the article. Under regulation optimum relationships between width of tracks, space between tracks, heat conductivity and thickness of basis operation factors of heater are approximate to ideal heater it is shown in this article.

УДК

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗАКОНА КИРХГОФА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ ЗАЩИТ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ И ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ**В.Н. Горюнов**

*Омский государственный технический университет,
г. Омск, Российская Федерация*

К.С. Глокк, М.Я. Клецель, Ю.В. Павлюковский

Павлодарский государственный университет им. С.Торайгырова

Централизованные защиты (ЦЗ) могут иметь, по сравнению с автономными, как достоинства, так и недостатки [1]. Недостатки обусловлены отказами, а достоинства - возможностью использовать более обширную информацию. Считалось, что отказы ЦЗ будут происходить чаще, чем автономных, из-за сложности устройства и большего количества соединительных проводов. Это и послужило одной из главных причин почти полного прекращения работ в направлении создания ЦЗ в период с 1985 по 2004 г. Работы были начаты в Уральском политехническом институте в 1963г. под руководством д.т.н., профессора В.Е. Полякова [2] и продолжены в Павлодарском индустриальном институте [3,4,5], а также в некоторых других организациях.

В современных условиях, когда релейная защита переходит на микропроцессорное исполнение и хорошо разработаны и апробированы методы диагностирования отказов и повышения надежности микропроцессорных устройств, а также оптико-волоконных кабелей для передачи информации, количество отказов ЦЗ должно значительно уменьшиться. Поэтому, а также

в связи с необходимостью разработки защит для обеспечения максимальной надежности с помощью мажорирования [7], нами начат новый цикл работ по созданию ЦЗ, например [6,7]. В данной статье предлагается методика построения ЦЗ параллельных линий и группы электродвигателей, основанная на использовании первого закона Кирхгофа.

Рассмотрим соотношения токов для схемы (сеть 6 кВ), показанной на рис. 1, где 1, 2 – электродвигатели (ЭД), подключенные к шинам 3 и питающиеся от присоединения 4.

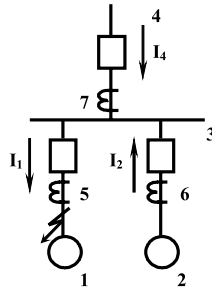


Рис. 1.

При построении защит будем получать информацию от трансформаторов тока (ТА) 5, 6, 7. Легко видеть, что только при междуфазных коротких замыканиях (КЗ) на ЭД-1 (или в кабеле, соединяющем его с выключателем) сумма первичных токов I_2 и I_4 , протекающих в ТА 6 и 7 от ЭД-2 и от питающей системы к точке КЗ, равна току I_1 в ТА 5 (I_2 и I_4 в первую четверть периода переменного тока с момента возникновения КЗ практически совпадают по фазе [5]), то есть

$$|I_1| = |I_2 + I_4|. \quad (1)$$

Действительно, в нормальных режимах $|I_1| \neq |I_2 + I_4|$, при КЗ на ЭД-2: $|I_2| = |I_1 + I_4|$, $|I_1| \neq |I_2 + I_4|$, при КЗ на шинах: $|I_1| \neq |I_2 + I_4|$, $|I_2| \neq |I_1 + I_4|$. В дальнейшем будем опускать знаки, обозначающие абсолютные величины, имея, однако, их в виду.

При реализации алгоритмов по (1) и (3) необходимо учитывать погрешности преобразователей тока, например ТА, других устройств, необходимых для реализации, и расчетов. Пусть I'_1 , I'_2 и I'_4 - значения токов, получаемых в результате какого-то измерения (с учетом всех погрешностей) от ТА5, ТА6, ТА7, соответственно, и приведенных к первичной стороне. Тогда при любом режиме работы и при КЗ на ЭД-1 можно считать, что:

$$I' = k_1 \cdot I_1, I'_2 = k_2 \cdot I_2, I'_4 = k_4 \cdot I_4, \quad (2)$$

где k_1, k_2, k_4 - коэффициенты, учитывающие упомянутые погрешности, причем, приблизительно, их минимальные значения, соответственно, $k'_1(k'_2, k'_4) = 0,85 \text{ ч } 0,95$, а максимальные $k''_1(k''_2, k''_4) = 1,05 \text{ ч } 1,1$.

Условия срабатывания защиты на отключение ЭД-1, с учетом (2), в соответствии с (1), можно представить так:

$$\frac{k'_1}{k''_2} \cdot I'_2 + \frac{k'_1}{k''_4} \cdot I'_4 \leq I'_1 \leq \frac{k''_1}{k'_2} \cdot I'_2 + \frac{k''_1}{k'_4} \cdot I'_4. \quad (3)$$

Действительно, наихудший вариант влияния погрешностей, когда измеренные токи I'_2, I'_4 или максимальны ($I'_2 = I'_{2\max}, I'_4 = I'_{4\max}$) и ток I'_1 минимален ($I'_1 = I'_{1\min}$), или минимальны ($I'_2 = I'_{2\min}, I'_4 = I'_{4\min}$) и ток I'_1 максимален ($I'_1 = I'_{1\max}$). Истинные величины токов (без погрешностей) в первом случае:

$$I_2 = \frac{I'_{2\max}}{k''_2}, I_4 = \frac{I'_{4\max}}{k''_4}, I_1 = \frac{I'_{1\min}}{k'_1}, \quad (4)$$

а во втором:

$$I_2 = \frac{I'_{2\min}}{k'_2}, I_4 = \frac{I'_{4\min}}{k'_4}, I_1 = \frac{I'_{1\max}}{k''_1} \quad (5)$$

Подставляя значения токов I_1, I_2, I_4 из (4) или (5) в (1), получаем равенство (3), в котором в левой части $I'_2 = I'_{2\max}, I'_4 = I'_{4\max}, I'_1 = I'_{1\min}$, в правой $I'_2 = I'_{2\min}, I'_4 = I'_{4\min}, I'_1 = I'_{1\max}$. При других значениях I'_1, I'_2, I'_4 равенство в (3) становится неравенством. Так, пусть в первом случае $I'_2 = I_{2,1} < I'_{2\max}, I'_4 = I_{4,1} < I'_{4\max}$ и $I'_1 = I_{1,1} > I'_{1\min}$. Тогда, если подставить эти новые значения вместо максимальных и минимального, то равенство в левой части (с $I'_2 = I'_{2\max}$ и т.д.) превращается в неравенство. Аналогично во втором случае ($I'_2 = I_{2,2} > I'_{2\min}, I'_4 = I_{4,2} > I'_{4\min}, I'_1 = I_{1,2} < I'_{1\max}$) получается неравенство в правой части.

Если в рассматриваемом примере считать погрешности не превосходящими в сторону уменьшения 15%, а в сторону увеличения 10%, то $k'_1 = k'_2 = k'_4 = 0,85, k''_1 = k''_2 = k''_4 = 1,1$, и неравенство (3) упрощается и принимает следующий вид:

$$0,7 \cdot (I'_2 + I'_4) \leq I'_1 \leq 1,3 \cdot (I'_2 + I'_4) \quad (6)$$

Таким образом, условием срабатывания защиты на отключение ЭД-1 служит попадание тока I'_1 в диапазон ограниченный неравенством (6). Однако, для того, чтобы оно не выполнялось в нормальных режимах необходимо соблюдать следующее условие $I_{1j} / I_{2j} = k'_5 < 6,7$, где I_{1j} и I_{2j} - токи нагрузки ЭД-1 и ЭД-2 (рис.1), включая холостой ход и пуск. Покажем это.

Подставим в левую часть неравенства (6) вместо I'_1, I'_2, I'_4 токи I_{1j}, I_{2j}, I_{4j} , соответственно. Имея в виду, что в любых режимах, кроме КЗ на ЭД, $I_{4j} = I_{1j} + I_{2j}$, получим $0,7 \cdot (2I_{2j} + I_{1j}) < I_{1j}$. Откуда $k'_5 > 6,7$. Но, чтобы условие (6) не выполнялось, нужно иметь обратное неравенство.

Условие срабатывания ЦЗ на отключение ЭД-2 описываются неравенством (6), если заменить I'_2 на I'_1 и наоборот, и может использоваться

при $I_{2j} / I_{1j} = k''_5 \leq 6,7$. Заметим, что требования к значениям k'_5 и k''_5 должны выполняться одновременно в любых режимах (кроме КЗ), что ограничивает область применения ЦЗ. При уменьшении погрешностей эта область расширяется. Так, если, например, преобразователи тока имеют допустимые погрешности $\epsilon_1=3\%$ и погрешности расчетов и реализующих устройств $\epsilon_2=3\%$,

то $k_5 < 16$. При питании от шин 3 (на рис. 1 не показано) третьего ЭД (с током I_{3j} нагрузки) условия срабатывания на их отключение меняются. В (6) становится три слагаемых в скобках, а $I_{4j} = I_{1j} + I_{2j} + I_{3j}$, и для несрабатывания в режимах нагрузки (при $k'_1=0,85$ и $k''_1=1,1$) требуется одновременное выполнение трех неравенств: $6,7 < I_{1j} / (I_{2j} + I_{3j})$, $6,7 < I_{2j} / (I_{1j} + I_{3j})$, $6,7 < I_{3j} / (I_{1j} + I_{2j})$.

Если от шин питаются n электродвигателей, то в формуле (3) становится n слагаемых и $2n$ коэффициентов. Очевидно, что чем больше n , тем меньше шансов выполнения условий несрабатывания, дающих возможность применять защиту.

Использование первого закона Кирхгофа при небольшой дополнительной информации в некоторых случаях позволяет строить централизованные защиты, обладающие значительно большей чувствительностью, чем традиционные. Рассмотрим сеть (рис. 2), в которой 1-10 – источники питания, 11 и 12 - шины питающей и приемной подстанции, 13-26 – выключатели, 27-36 – трансформаторы тока, 37, 38 - параллельные линии.

При КЗ на линии 37 по первому закону Кирхгофа имеет место равенство

$$i_{30} = i_{27} + i_{28} + i_{29} + i_{31}, \quad (7)$$

где $i_{30} = i_{27} + i_{28} + i_{29} + i_{31}$ - первичные токи, протекающие через ТА 30, 27, 28, 29, 31, соответственно. При этом

$$i_{31} > i_{XX38}, \quad (8)$$

где $i_{31} > i_{XX38}$ - ток холостого хода линии 38.

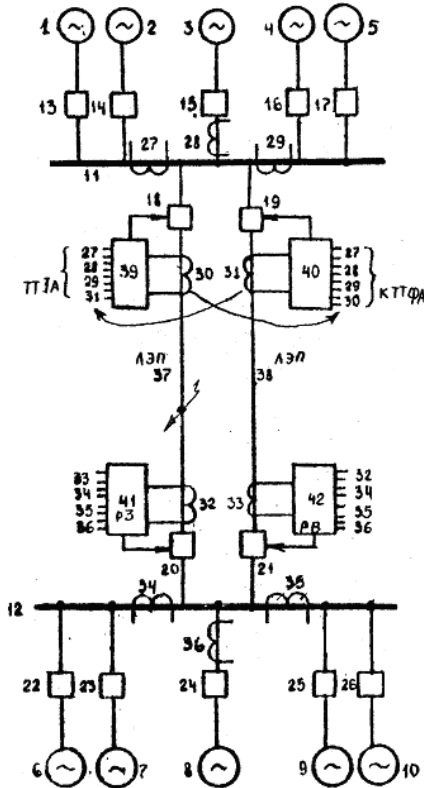


Рис. 2

При внешних КЗ, в режимах нагрузки (при передаче мощности от шин 11 к шинам 12) условие (8) выполняется, а (7) не выполняется, так как токи линий 37 и 38 приблизительно равны и совпадают по фазе, и

$$i_{30} < i_{27} + i_{28} + i_{29} + i_{31}, \quad (9)$$

причем, учитывая, что $\frac{i_{27} + i_{28} + i_{29}}{2} \approx j_{31} = \dot{i}_{30}$, сумма справа в (9) приблизительно в 3 раза больше, чем слева. При передаче мощности от шин 12 к шинам 11 равенство (7) не выполняется. При КЗ на линии 37, вблизи шин 11, источники 1-5 подпитывают место КЗ по линии 37, а источники 6-10 по линиям 37-38, и (7) и (8) выполняются. Поэтому они являются условиями отключения защитой выключателя 18. Равенство

$$\dot{i}_{32} = \dot{i}_{34} + \dot{i}_{36} + \dot{i}_{35} + \dot{i}_{33}, \quad (10)$$

являющееся первым условием отключения защитой выключателя 20 при этом КЗ, не выполняется до тех пор, пока не отключится выключатель 18. После отключения последнего источники 1-5 подпитывают место КЗ по линии 38, а источники 6-10 по линии 37. При этом соблюдаются и первое (10), и второе ($\dot{i}_{33} > \dot{i}_{XX38}$) условия отключения выключателя 20. Кроме того, имеет место равенство:

$$\dot{i}_{31} = \dot{i}_{27} + \dot{i}_{28} + \dot{i}_{29} + \dot{i}_{30}, \quad (11)$$

являющееся одним из оснований для отключения выключателя 19. Но он не отключается, так как $\dot{i}_{30} < \dot{i}_{XX37}$ (выключатель 18 отключен). Выключатель 21 также остается включенным, поскольку $\dot{i}_{32} < \dot{i}_{XX37}$.

Анализ показывает, что принятые условия отключения выключателей позволяют не отстраивать защиты со стороны шин 11 и 12 от токов в неповрежденных фазах при двухфазных и однофазных КЗ. Можно не отстраиваться и от максимального тока нагрузки при ошибочном или самопроизвольном отключении выключателя с противоположной стороны, например 20^{го}. Действительно, после его отключения по линии 38 протекает максимальный ток нагрузки, $\dot{i}_{30} < \dot{i}_{XX37}$, $\dot{i}_{32} < \dot{i}_{XX37}$, и условия отключения выключателей 19 и 21 не соблюдаются.

В сетях с заземленной нейтралью при обрыве провода линии с односторонним заземлением, например, провода линии 37 со стороны шин 11, выполняются условия (7) и (8), и защита отключает выключатель 18. Но ложного отключения линии 38 выключателями 21 и 19 не происходит (как это было бы в традиционной поперечной дифференциальной защите параллельных линий, если бы она не отстраивалась от максимального тока нагрузки), так как $\dot{i}_{32} < \dot{i}_{XX38}$ (со стороны шин 12 провод одной фазы линии оборван, и ток по нему не протекает) и не соблюдается равенство (11). Таким образом, защиты линий 37 и 38 могут получаться значительно чувствительнее, чем традиционные. Учет погрешностей осуществляется по методике, изложенной при построении ЦЗ группы ЭД, и не приводится из-за

ограниченного объема статьи. Они будут ограничивать область применения также, как и предыдущей ЦЗ.

ЦЗ на рассмотренном принципе могут быть выполнены в виде отдельных защит 39 – 42 для каждой линии (рис. 2). На рис. 3 приведен пример выполнения устройства 39 (аналогично выполнены устройства 40-42). Оно содержит на каждую фазу блок 43 выявления КЗ, состоящий из аналого-цифровых преобразователей (АЦП - 44-48), сумматора 49, элементов 50, 51 сравнения и логического элемента И-52. Логический элемент ИЛИ 53 и исполнительный орган (ИО) 54 являются общими для всех трех фаз. Входы сумматора 49 через АЦП 44-48 подключены, соответственно, к ТА 27, 28, 29, 31, например, фаз А. Вход 55 (57) элемента 50 (51) через АЦП 44 (48) подключен ко вторичной обмотке ТА 30 (31) фазы А, а вход 56 (58) подключен к выходу сумматора 49 (к задатчику тока i_{xx38} холостого хода линии 38, на рис. 2 не показан). Выход элементов 50 и 51 подключены ко входам 59 и 60 логического элемента И-52, входы 62 и 63 элемента ИЛИ-53 - к выходам блоков 43 фаз В и С, а вход 61 - к выходу И-52. Выход ИЛИ-53 подключен ко входу ИО-54, выход последнего - к катушке отключения выключателя 18.

Устройство при КЗ, например, на линии 37, вблизи шин 11, работает следующим образом. Так как условия (7) и (8) выполняются, на выходах элементов 50 и 51 устройства 39 появляются сигналы. Элемент И-52 срабатывает, и через элемент ИЛИ-53 получает сигнал ИО-54, который отключает выключатель 18. Как было показано, после этого выполняются условия отключения выключателя 20 (защитой 41). Работу устройств во всех других режимах можно представить из изложенного выше.

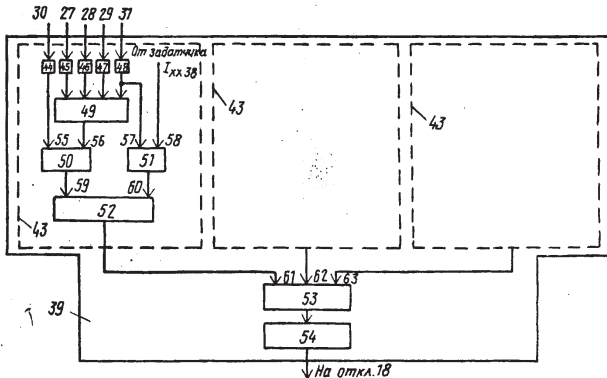


Рис. 3

Сопоставляя эту ЦЗ с современной усовершенствованной поперечной направленной защитой линий [9], легко видеть, что по чувствительности,

быстродействию и функциональным возможностям разработанная не уступает последней, и при выполнении ее с помощью ЭВМ и оптоволоконных кабелей, по-видимому, будет более надежной, так как не использует цепи напряжения.

Выводы. Разработанная методика дает возможность строить централизованные защиты параллельных линий и групп электродвигателей. При реализации с помощью ЭВМ и оптоволоконных кабелей они будут удовлетворять предъявляемым требованиям устойчивости функционирования и надежности. Однако их широкое внедрение невозможно без использования преобразователей тока с допустимыми погрешностями, не превышающими 3-5%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федосеев А.М. Релейная защита электрических систем. М.: Энергия, 1976.
2. Поляков В.Е., Скутельников В.И. Комплексная структурная быстродействующая защита главной схемы электростанций и подстанций. Изв. Вузов СССР-Энергетика, 1965, №5.-с. 1-5.
3. Клецель М.Я. Комплексная защита группы мощных электродвигателей/. Электрические станции, 1973, №6.-с. 63-68.
4. Клецель М.Я. Защита со сравнением знака мощности. Изв. Вузов СССР-Энергетика, 1977, №3.-с. 9-14.
5. Клецель М.Я. Синтез алгоритмов централизованных защит узлов нагрузки. Изв. А.Н. СССР. Энергетика и транспорт, 1985, №4.-с. 64-67.
6. Клецель М.Я., Яковец С.А. Алгоритмы централизованных защит присоединений схем четырех- и шестиугольника. -Вестник ПГУ, №4, 2004, с. 80-86.
7. Клецель М.Я., Никитин К.И., Стинский А.С., Шахаев К.Т. Резервная защита линий ОРУ 330-750 кВ. -Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока, 2009, №2.-с. 355-358.
8. Клецель М.Я., Никитин К.И., Стинский А.С. Совершенствование поперечной направленной дифференциальной защиты линии. -Промышленная энергетика, 2008, №5.-с. 20-24.

Түйіндеме

Әртүрлі байланыстардың бақылаушы қосындысында орталықтандырылған қорғауларды құру әдістемесін ұсыну. Электроқозғалтқыштардың және параллель түсулердің топтар шартын анықтайтын теңсіздіктері беріледі. Олар тоқ жүктемесінен құрылмайтыны көрсетіледі, бірақ олардың қолдану облысы түрлендіргіш тоқтың қалдықтарында шектеледі.

Resume

The technique of construction of the centralized protection (CP) supervising the sums of currents of various connections is offered. The inequalities determining conditions of operation CP of group of electric motors and CP of parallel lines are given. It is shown, that they do not build up from currents of loading, but the area of their application is limited to errors of converters of a current.

УДК 621.928.6

ФОРМИРОВАНИЕ МАССОПОТОКОВ ПОЛИДИСПЕРСНОГО СОСТАВА В ШКВАРЕ

Ж.Д. Жайлаубаев

Семейский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт переработки сельскохозяйственной продукции»

Полученная замкнутая система уравнений описывает нестационарные грВ процессах термообработки при отсутствии внешних усилий деформирования свидетельствуют о возникновении в теле внутренних напряжений, вызывающих деформации сжатия и деформации сдвига. Внутренние напряжения создаются внешними силами и изменениями температуры, влагосодержания и общего давления в объеме тела в процессе варки, сушки, нагрева пищевых продуктов.

Изменение состояния тела происходит за счет выполнения работы деформации, изменения энергии и влагосодержания и описывается термодинамическим потенциалом Гиббса (для единицы объема тела):

$$d\Phi = \varepsilon_{ij} d\sigma_{ij} - SdT - \rho_{0\mu} d\omega$$

Отсюда получаем известные термодинамические соотношения (1)

Полагая влажное тело изотропным, независимые компоненты тензора напряжений можно выразить тремя инвариантами: $\sum_1 \sigma_{kk}, \sum_2 \sigma_{ij} \tau_{ij}, \sum_3 \det(\sigma_{ij})$.

представить термодинамический потенциал как функцию $\Phi(\sum_1, \sum_2, T, \omega)$.
Разложим Φ в ряд Тейлора только по степеням σ_{ij} полагая коэффициенты зависящими от

температуры и влагосодержания. Для малых деформаций можно учесть влияние температуры, влагосодержания и общего давления при линейном соотношении между тензором деформаций и тензором напряжений. При этом условии достаточно сохранить в разложении Φ члены ряда не выше второго порядка малости относительно σ_{ij}

$$\varphi(\sum_1, \sum_2, T, \omega) = \Phi_0 + \frac{\partial \Phi_0}{\partial \sum_1} \sum_1 + \frac{\partial \Phi_0}{\partial \sum_2} \sum_2 + \frac{\partial^2 \Phi_0}{\partial \sum_1^2} \frac{\sum_1^2}{2}, \quad (2)$$

где $\Phi(0, 0, T, \omega)$ - термодинамический потенциал единицы объема при отсутствии напряжений.

Обобщая представления теории термоупругости [1] на случай массотермической упругопластичности при сушке, вместо (2) получаем выражение термодинамического потенциала в явном виде:

$$\begin{aligned} \Phi = & -\frac{1}{2} \frac{\sigma_{ij} \sigma_{ij}}{2G(1-\omega)} + \frac{1}{6} \frac{1}{2G(1-\omega)} \sigma_{kk}^2 - \\ & - \sigma_{kk} \left(\alpha_T \vartheta + \beta_\omega \eta + \frac{1}{E_0} \rho \right) + \int_{T_0}^T \int_{T_0}^T \frac{\rho_0 c_{\omega, \sigma=0}}{T} dT, \end{aligned} \quad (3)$$

где v, η, ρ - изменения соответственно температуры ($v = T - T_0$), влагосодержания ($\eta = \omega - \omega_0$) и общего давления ($\rho = P - P_0$).

$$S = \frac{\sigma_{ij} \sigma_{ij}}{2} \frac{\partial}{\partial T} \left[\frac{1}{2G(1-\omega)} \right] + \frac{\sigma_{kk}^2}{6} \frac{\partial}{\partial T} \left[\frac{1}{2G(1-\omega)} - \frac{1}{E_0} \right] +$$

$$+ \sigma_{kk} \frac{\partial}{\partial T} \left(\alpha_T \vartheta + \beta_\omega \eta + \frac{1}{E_0} \rho \right) + \int_{T_0}^T \frac{\rho_0 c_{\omega, \sigma=0}}{T} dT,$$

На основании уравнения (1) и (3) находим равные выражения энтропии, химического потенциала поглощенной влаги и соотношение между тензором деформаций и тензором напряжений:

$$S = \frac{\sigma_{ij} \sigma_{ij}}{2} \frac{\partial}{\partial T} \left[\frac{1}{2G(1-\omega)} \right] + \frac{\sigma_{kk}^2}{6} \frac{\partial}{\partial T} \left[\frac{1}{2G(1-\omega)} - \frac{1}{E_0} \right] +$$

$$+ \sigma_{kk} \frac{\partial}{\partial T} \left(\alpha_T \vartheta + \beta_\omega \eta + \frac{1}{E_0} \rho \right) + \int_{T_0}^T \frac{\rho_0 c_{\omega, \sigma=0}}{T} dT, \quad (4)$$

$$\rho_0 \mu = \frac{\sigma_{ij} \sigma_{ij}}{2} \frac{\partial}{\partial \omega} \left[\frac{1}{2G(1-\omega)} \right] + \frac{\sigma_{kk}^2}{6} \frac{\partial}{\partial \omega} \left[\frac{1}{2G(1-\omega)} - \frac{1}{E_0} \right] +$$

$$+ \sigma_{kk} \frac{\partial}{\partial \omega} \left(\alpha_T \vartheta + \beta_\omega \eta + \frac{1}{E_0} \rho \right), \quad (5)$$

$$\varepsilon_{ij} = \frac{\sigma_{ij}}{2G(1-\omega)} - \frac{1}{3} \left[\frac{1}{2G(1-\omega)} - \frac{1}{E_0} \right] + \sigma_{kk} \delta_{ij} \left(\alpha_T \vartheta + \beta_\omega \eta + \frac{1}{E_0} \rho \right) \delta_{ij}, \quad (6)$$

где ω - определяемая экспериментально функция обобщенной деформации [2], равная нулю в области упругих деформаций.

Для систем, в которых протекают необходимые процессы деформирования, тепломассопереноса и фазовых превращений, уравнение баланса энтропии в энергетическом представлении имеет вид [3]

$$T \frac{\partial S}{\partial \tau} = -div \vec{j}_q - \mu \frac{\partial \rho}{\partial \tau} + I_q \quad (7)$$

После преобразований (7) с помощью выражений (4) и (5) и значений

$$\vec{j}_q = -\lambda_q grad T, \quad \frac{\partial \rho}{\partial \tau} = \rho_0 \frac{\partial \omega}{\partial \tau}$$

находим уравнение теплопроводности высушиваемого нагретого тела

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = \gamma \cdot div(a_q grad T) + (\gamma - 1) \frac{\beta_\omega}{\alpha_T} \frac{\partial \omega}{\partial \tau} + \frac{\gamma - 1}{\alpha_T E_0} \frac{\partial \rho}{\partial \tau} - \frac{\gamma - 1}{3d_T} div \frac{\partial \bar{U}}{\partial \tau} + \frac{I_q^*}{\rho_0 c_{\omega, \varepsilon=0}} \quad (8)$$

Уравнение (8) получено в линейном приближении относительно деформаций и уравнением движения деформируемого при сушке нагретого тела [4].

$$\frac{\partial \omega}{\partial \tau} = div \left(\alpha_m grad \omega + \alpha_m \delta \cdot grad T + \frac{k_\rho}{\rho_0} grad \rho \right); \quad (9)$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial \tau} = div(\alpha_\rho grad \rho) - \frac{\varepsilon_\phi}{c_s} \frac{\partial \omega}{\partial \tau} \quad (10)$$

и уравнение движения деформируемого при сушке нагретого тела [2]

$$\frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial \tau} + F_i - \rho \frac{\partial^2 u_i}{\partial \tau^2} = 0 \quad (i, j = 1, 2, 3) \quad (11)$$

Представим уравнение (11) в перемещениях частиц u_i . Для этого из (6) получим соотношение между σ_{ij} и ε_{ij} и с помощью формул

$$\sigma_{ij} = 2G(1-\omega)\varepsilon_{ij} + \frac{1}{3}[E_0 - 2G(1-\omega)]E_{kk}\delta_{ij} - E_0\left(\alpha_T\vartheta + \beta_m\eta + \frac{1}{E_0}\rho\right)\delta_{ij} \quad (12)$$

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i}\right) \quad (13)$$

соотношений (12) заменим в (11) компоненты тензора a_{ij} компонентами вектора перемещений U_i . После преобразования запишем уравнение движения в векторной форме

$$\begin{aligned} \sigma_{ij} = 2G(1-\omega)\nabla^2\bar{u} + \frac{1}{3}[E_0 + G(1-\omega)]\text{grad}di\bar{v}\bar{u} + 2\text{grad}G(1-\omega)\Pi_i + \\ + \frac{1}{3}\text{grad}[E_0 - 2G(1-\omega)]di\bar{v}\bar{u} - \text{grad}E_0\left(\alpha_T\vartheta + \beta_m\eta + \frac{1}{E_0}\rho\right) + \bar{F} - \rho\frac{\partial^2\bar{u}}{\partial\tau^2} = 0 \end{aligned} \quad (14)$$

Таким образом, полученная нами замкнутая система уравнений (8)-(10); (14) описывает нестационарные градиентные поля температуры, влагосодержания, избыточного давления и упругопластических деформаций, а уравнения (12) и (13) характеризуют напряженно-деформированное состояние материала в процессе термообработки теплообменников аппаратов в производстве переработки пищевых продуктов.

Условные обозначения E_{ij} - компоненты тензора деформаций, λ_{ij} - компоненты тензора напряжений, δ_{ij} - символ Кронекера, τ - время, I_g - мощность распределенных источников тепла, g и g' - плотность влажного абсолютно сухого тела, удельная теплоемкость при отсутствии напряжений и при отсутствии деформаций, G - модуль деформации сдвига, E_0 - объемный модуль упругости, средний коэффициент линейного теплового расширения, α_i - средний коэффициент линейной усадки, отношение удельной теплоемкости тела при отсутствии напряжений к удельной теплоемкости при отсутствии деформаций (показатель политропы процесса сушки).

ЛИТЕРАТУРА

1. Коваленко А.Д. Термоупругость. - Киев: Вища школа, 1975. - 216 с.
2. Лыков А.В., Михайлов Ю.А. Теория тепло- и массопереноса. - М.-Л.: Гос-энергоиздат, 1963. - 535 с.
3. Паттерман С. Гидродинамика сверхтекучей жидкости. - М.: Мир, 1978. - 520 с.
4. Абраменко А.Н. и др. Теплообмен при испарении и кипении жидкости в пористых телах // Инж. физ. журн., 1982, т.42, № 2. - С. 218-227.

Түйіндеме

Тағам өнімдерін жылы жолымен өңдеу кезінде нысанның ішкі өзгеруі болмаған жағдайда, қысу деформациясын және ығысу деформациясын тудыратын денелердің ішкі кернеуінің пайда болуын негіздейді. Ішкі кернеу сыртқы күштердің салдарынан және температураның өзгеруінен, ылғалдылық және тағам өнімдерін қыздыру процесі кезінде денелердің көлеміндегі жалпы қысымнан туындайды. Алынған теңдеудің тұйық жүйесі жылдамдық градиентінің тұрақсыз шегін, ылғалдылық артық қысым, серпілмелі иілгішті деформацияның және жылы салмақ алмасу аппараттарында жүретін жылумен өңдеу процесстері кезінде материалдардың қысым-өзгеру жағдайларын сипаттайды.

Resume

Heat treatment of food products in the absence of external forces of deformation indicate the origin of internal stresses in the body, causing deformation of the compression and shear deformation. The internal stresses created by external forces and changes in temperature, moisture content and the total pressure in the volume of the body in the process of heating food. The given closed system of equations describes the time-varying gradient fields of temperature, moisture content, pressure and elastic deformation, and characterize the strained-deformed state of the material during heat treatment of heat and mass exchange apparatus.

УДК 621.879.48

СОПРОТИВЛЕНИЯ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ РЕЗАНИИ И КОПАНИИ ГРУНТА РОТОРНЫМИ ЭКСКАВАТОРАМИ С РАЗЛИЧНЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ

К.Т. Саканов, К.М. Исаков

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова

В открытых месторождениях на карьерах стройиндустрии и горном производстве для вскрышных и добычных работ в рыхлых материалах, средней крепости и мёрзлых породах, влажных глинах и крепких углях многоковшовые роторные экскаваторы с различными рабочими органами позволяют эффективно вести селективную выемку маломощных пластов и разносортных пропластков полезного ископаемого. Экскаваторы роторные обеспечивают погрузку извлеченной массы на транспортирующие машины непрерывного действия (забойный конвейер, перегружатель, отвалообразователь), в железнодорожный или автомобильный транспорт.

Экскаваторы приспособлены для круглогодичных работ в интервале температур от -40 до $+35^{\circ}\text{C}$.

Современные роторные экскаваторы имеют скоростные коэффициенты, достигающие $0,41-0,425$. Представлена наиболее характерная конструкция скоростного роторного экскаватора ЭР-1250 с радиальным поступлением грунта, осуществляющий прямую разгрузку, у которых приемный конвейер расположен в одной плоскости с ротором. В основе рабочего процесса роторного экскаватора лежит взаимодействие его рабочего органа с грунтом. Рабочий орган машины при взаимодействии с грунтом подвергается сопротивлению, возникающему при резании и копании грунта.

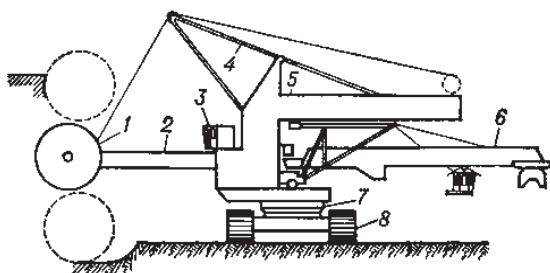


Рисунок 1 - Схема роторного экскаватора ЭР-1250

- 1 — роторное колесо; 2 — стрела ротора; 3 — кабина; 4 — пилон;
5 — верхнее строение; 6 — разгрузочный конвейер;
7 — поворотная платформа; 8 — гусеничный ход.

Скорость передвижения экскаватора во время работы составляет $0,15-1$ км/ч и зависит от группы грунта и величины заглубления ротора. Техническая производительность в грунтах I и II группы 150 м³/ч. Рабочий орган многоковшового роторного экскаватора при копаний перемещается относительно грунта в двух направлениях. Одно из них — главное движение в направлении длины отделяемой стружки и второе — движение подачи в направлении, нормальном к направлению главного движения, т.е. поперек снимаемой стружки. В процессе копания эти движения могут существовать как одновременно, так и раздельно.

Значительное количество ковшей рабочего органа экскаватора обеспечивает непрерывное копание грунта, уменьшает необходимые усилия, снижает инерционные нагрузки и способствует повышению производительности машины. Копание может быть прямоугольного, трапецидального или ступенчатого профиля.

Скорость ковшовой цепи постоянная и составляет $0,755$ или $1,07$ м/сек. Положение ковшовой рамы изменяется параллельным перемещением (параллельное резание) или постепенным опусканием (радиальное резание).

При разработке грунта поворотный роторный экскаватор стоит на месте. После того как ротор разработает грунт по дуге с радиусом, равным вылету, экскаватор перемещается на гусеничных тележках. Роторные экскаваторы могут разрабатывать грунт как выше, так и ниже стоянки машины. Максимальная высота копания в этом случае может достигать 50 м, а глубина копания обычно составляет 0,1—0,2 этой величины.

Одним из ценных преимуществ является возможность послышной разработки полезных ископаемых. Теоретическая производительность многоковшового экскаватора зависит от геометрической емкости ковша, измеряемой в литрах, и количества ковшей, разгружаемых за 1 ч работы экскаватора.

В процессе отделения грунта от массива принято различать процесс резания и процесс копания. Под резанием грунта понимается часть процесса копания, состоящая из отделения грунта от массива при помощи режущего лезвия рабочего органа. Под копанием более сложный процесс, включающий в себя резание грунта, перемещение его по рабочему органу, и образованию призмы грунта впереди рабочего органа и перемещение рабочего органа. Поэтому сопротивление копанию всегда больше сопротивления резанию грунта.

При отделении грунта от массива возникают следующие сопротивления

Сила резания - сопротивление внедрению передней грани рабочего органа в грунт P_p в направлении главного движения резания (по длине стружки).

Сила резания P_p определяется удельным сопротивлением резанию k_p , и площади поперечного сечения стружки по формуле

$$P_p = k_p F P_n \text{ кг/см}^2 \quad (1)$$

Сила подачи — это сопротивление врезанию (внедрению) режущей части в грунт P_n по направлению, перпендикулярному главному движению (поперек стружки).

Величина P_n определяется по формуле

$$P_n \equiv k_2 F \quad (2)$$

где k_2 - удельное сопротивление внедрению режущей части рабочего органа в грунт в направлении подачи; определяется путем анализа сопоставляя данные $k_2 > k_i$,

F' - площадь поперечного сечения лезвия ножа плоскостью, перпендикулярной поверхности грунта.

Сила подачи P_n больше, чем больше затупление режущей части ножа, так как при затуплении возрастает F' . Сила трения рабочего органа о грунт P_{Tr}

$$P \equiv Pnf$$

(3)

где f — коэффициент трения стали о грунт, $f=0,5-0,6$.

Сила трения Tr значительно возрастает при затуплении ножа и может по значению приближаться и даже превосходить P_v . Поэтому крайне необходимо следить за состоянием режущей кромки и своевременно менять ножи.

Сопротивление от перемещения грунта вдоль передней грани рабочего органа R_p или поперек ее R_t , R_z и сопротивление, возникающее при заполнении емкости рабочего органа грунтом R_3 , определяются для каждого вида рабочего органа. Общее сопротивление копанию P_o определяется как сумма составляющих сил P_v , R_p , R_t , и т.д.

К основным свойствам грунтов, влияющим на технологию и трудоемкость их разработки, относятся плотность, влажность, сцепление, разрыхляемость, угол естественного откоса, удельное сопротивление резанию, водоудерживающая способность. Плотностью 1 м^3 грунта в естественном состоянии (в плотном теле). Плотность несцементированных грунтов $1,2...2,1\text{ т/м}^3$, скальных - до $3,3\text{ т/м}^3$.

Влажность характеризуется степенью насыщения грунта водой и определяется отношением массы воды в грунте к массе твердых частиц грунта, выражается в процентах классификация и параметры грунтов приведены в табл. 1.

Сцепление - сопротивление грунта сдвигу. Сила сцепления для песчаных грунтов составляет $3... 50$ кПа, для глинистых - $5...200$ кПа. Грунт при разработке разрыхляется и увеличивается в объеме. Это явление, называемое первоначальным разрыхлением грунта, характеризуется коэффициентом первоначального рыхления K_p , который представляет собой отношение объема разрыхленного грунта к объему грунта в естественном состоянии.

Таблица 1

Параметры и классификация грунтов

| Параметр | Песок | Супесь | Суглинок | Глина |
|---|----------|----------|----------|----------|
| Угол естественного откоса при естественной влажности, град. | 25...30 | 30...40 | 40...50 | 40...45 |
| Содержание частиц, % | | | | |
| глинистых | До 5 | До 12 | 12...33 | Более 33 |
| песчаных | Более 80 | Более 50 | - | - |
| Оптимальная влажность уплотнения, % | 8...12 | 9...15 | 12...20 | 19...23 |

Примечание. Прочерк означает, что параметр не нормируется.

Чем выше влажность грунта, тем выше трудоемкость его разработки. Исключение составляет глина - сухую глину разрабатывать труднее. Однако при значительной влажности у глинистых грунтов появляется липкость, которая усложняет их разработку.

Однако грунт длительное время не занимает того объема, который он занимал до разработки, сохраняя остаточное разрыхление, показателем которого является коэффициент остаточного разрыхления грунта $K_{ос}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Киреев В.С. Механизация и автоматизация погрузочных и разгрузочных работ. -Москва, 1998. -248 с.
2. Кузин Э.Н. и др. Строительные машины. Справочник. I том. – М.: Машиностроение, 1999.-196 с.
3. Мельников Н.В. Краткий справочник по открытым горным работам. -Москва, 2006. -140с.
4. Совершенствование технологических процессов при добыче угля открытым способом. Сборник научных трудов. Киев, 2003.- 440 с.

Түйіндеме

Бұл мақалада ашық кеніштерде көмірді және саз балиықты қазу кезінде қолданылатын әртүрлі роторлы жебелік экскаваторлар сипатталған. Сондай-ақ технологиясы мен оларды даярлау кезіндегі қиыншылығына әсер ететін қазу мен кесу процесі кезіндегі кедергілер көрсетілген.

Resume

This article describes bucket rotor excavators, used for stripping works in open fields of coal and clay. It was also noted resistance in cutting and digging of soil affect the technology and complexity of their development, the basic properties of soil density, moisture content, cohesion, razryhlyalmost, the angle of repose.

УДК 621.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА БЛИЗОСТИ В ЛЕНТОЧНЫХ ПРОВОДНИКАХ

**Ю.О. Мартышева, О.А. Науман,
И.В. Захаров, Е.И. Захарова**

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова

В настоящей работе приведены результаты теоретических исследований проявления эффекта близости в ленточных проводниках на основании методики, описанной в [1].

Влияние эффекта близости на суммарное электрическое сопротивление R токоведущего проводника принято выражать коэффициентом эффекта

близости K_6 , показывающим относительное увеличение сопротивления проводника сверх единицы или ста процентов. Известны результаты расчетов коэффициента K_6 , вычисленного в зависимости от отношения высоты проводника к его толщине a/b при прямоугольной конструкции проводника [2,3]. Однако авторы ограничили свои расчёты отношением a/b , равным 24. В большинстве практических случаев для обмотки индуктора с самокомпенсацией в частности с глубоким охлаждением обмотки названные отношения могут быть гораздо больше.

На основе методики расчета коэффициента эффекта близости K_6 был создан программный продукт «SKIN 2» (рисунок 1), разработанный в среде Borland DELPHI 7 и представляющий собой модуль, компилированный в exe-файл. Программа «SKIN 2» позволила провести исследования K_6 в широком диапазоне влияющих факторов.



Рисунок 1 – Исполнительный модуль программы «SKIN 2». Это окно приложения с заголовком «Расчет коэффициента эффекта близости (SKIN 2)». В центре находится форма «ВВОД ИСХОДНЫХ ДАННЫХ» с пятью полями ввода: «Высота проводника (2a)» со значением 0,08 м, «Толщина проводника (2b)» со значением 0,004 м, «Расстояние между проводниками (2c)» со значением 0,001 м, «Частота источника питания (f)» со значением 50 Гц и «Удельное электрическое сопротивление материала (ρ)» со значением 0,000000017857 Ом*м. Под формой находится кнопка «РАСЧЕТ». В нижней части окна, под заголовком «РЕЗУЛЬТАТ РАСЧЕТА», выводится текст: «Коэффициент эффекта близости K6=1,00260297».

Рисунок 1 – Исполнительный модуль программы «SKIN 2»

Проведённые исследования позволили получить результаты, представленные в виде графических зависимостей: $K_6 = f(a/b)$ (рисунки 2 ч 4); $K_6 = f(f)$ при частоте источника питания 50, 1000, 5000, 10000 Гц (рисунки 5 ч 7); $K_6 = f(T)$ при температуре охлаждения проводников 293; 77; 20,4 К (рисунки 8 ч 10).

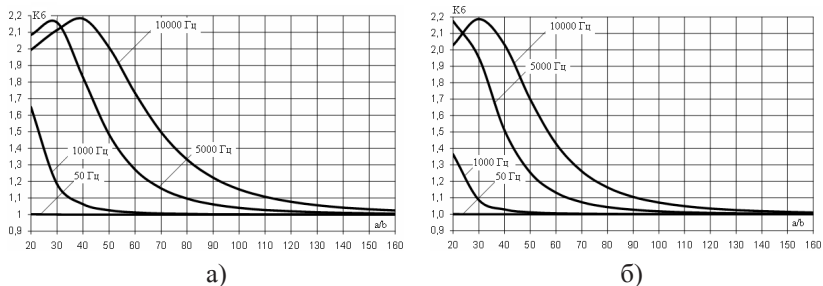


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента эффекта близости K_6 от отношения высоты медного (а) и алюминиевого (б) ленточных проводников к их толщине a/b при температуре обмоток индуктора 293 К и различной частоте источника питания

Зависимость коэффициента эффекта близости K_6 от различных факторов (рисунки 2 ч 10) имеет более сложный характер, чем аналогичные зависимости коэффициента поверхностного эффекта K_n [4].

Так, например, зависимость $K_6 = f(a/b)$ при охлаждении проводников на уровне температуры 293 К имеет круто падающий характер при частоте источника питания более, чем 50 Гц, а для частот 5 и 10 кГц замечены еще и экстремумы при отношении $a/b = 30$ и 40 для медных проводников и 20 и 30 для алюминиевых проводников соответственно (рисунки 2 а,б).

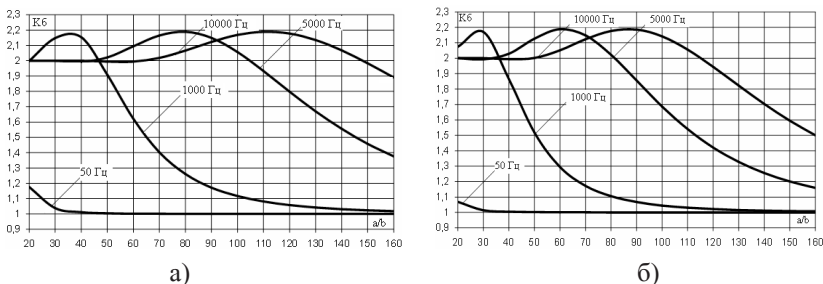


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента эффекта близости K_6 от отношения высоты медного (а) и алюминиевого (б) ленточных проводников к их толщине a/b при температуре обмоток индуктора 77 К и различной частоте источника питания

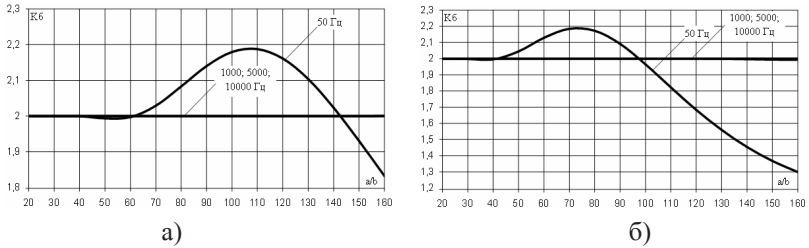


Рисунок 4 – Зависимость коэффициента эффекта близости K_b от отношения высоты медного (а) и алюминиевого (б) ленточных проводников к их толщине a/b при температуре обмоток индуктора 20,4 К и различной частоте источника питания

Абсолютное увеличение K_b при частоте 1 кГц отмечено в 1,38 ч 1,65 раза, при частотах 5 и 10 кГц – в 2 ч 2,2 раза в области изменения отношения a/b от 20 до 40, дальнейшее увеличение этого отношения приводит к достаточно резкому снижению K_b , который при отношении $a/b = 140$ ч 160 всего менее, чем на 10 % отличается от 1 в большую сторону. Характерным является то, что при частоте 50 Гц K_b также весьма близок единице во всем диапазоне изменений a/b и практически не влияет на увеличение сопротивления проводников.

Глубокое охлаждение токонесущих проводников до уровня температур 20 ч 77 К существенно изменяет характер зависимости $K_b = f(a/b)$ в сравнении с проводниками, охлаждаемыми водой (рисунки 3 ч 4).

Так из рисунков 3 а,б видно, что экстремумы в зависимостях в диапазоне частот от 1 до 10 кГц смещаются в сторону увеличения отношения a/b . Для алюминиевых проводников они соответствуют максимуму при $a/b = 30, 60, 90$, для проводников из меди – 35, 80, 115. При этом отмечается более пологий вид кривых при дальнейшем увеличении отношения a/b . Отличительной особенностью зависимостей является то, что при предельно исследуемом отношении $a/b = 160$ они на частотах 5 и 10 кГц не стремятся к 1, как это отмечено у проводников, охлаждаемых водой. То есть, увеличение сопротивления у проводников при температуре 77 К (азотный уровень охлаждения) отмечается даже при отношении a/b , большем 160 (примерно на 10 ч 40 % для алюминиевых и 30 ч 80 % для медных проводников). Увеличение K_b отмечено даже на частоте 50 Гц при отношении $a/b = 20$ у алюминиевых проводников на 8 %, у медных – на 17 %.

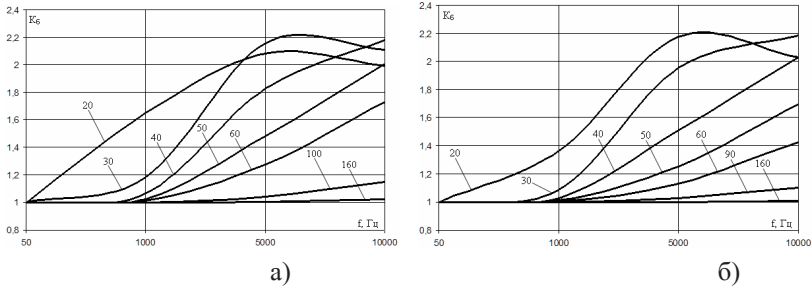


Рисунок 5 – Зависимость коэффициента эффекта близости K_{δ} от частоты источника питания при температуре обмоток индуктора 293 К и различном отношении высоты медного (а) и алюминиевого (б) ленточных проводников к их толщине a/b

При охлаждении проводников до уровня температур 20 К (водородный уровень охлаждения) независимо от отношения a/b и для частот от 1 до 10 кГц отмечено двукратное увеличение K_{δ} . Для частоты 50 Гц двукратное увеличение K_{δ} соответствует диапазону a/b от 20 до 45 для проводников из алюминия и от 20 до 63 для проводников из меди. В этих случаях у K_{δ} существует экстремум с максимальным значением в 2,2 при $a/b = 73$ для алюминиевых проводников и $a/b = 110$ – для медных проводников. Дальнейшее увеличение отношения a/b приводит к снижению K_{δ} при $a/b = 160$ до 1,3 – для алюминиевых проводников и до 1,83 – для медных проводников.

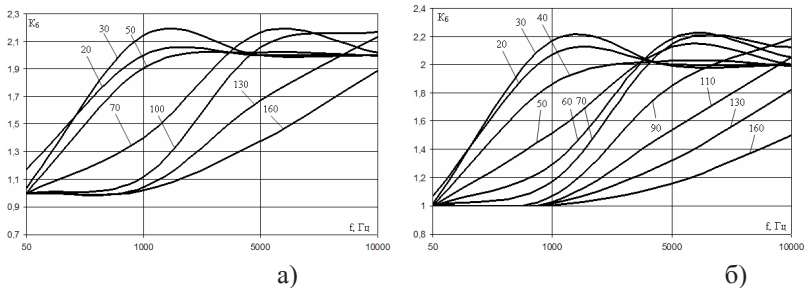


Рисунок 6 – Зависимость коэффициента эффекта близости K_{δ} от частоты источника питания при температуре обмоток индуктора 77 К и различном отношении высоты медного (а) и алюминиевого (б) ленточных проводников к их толщине a/b

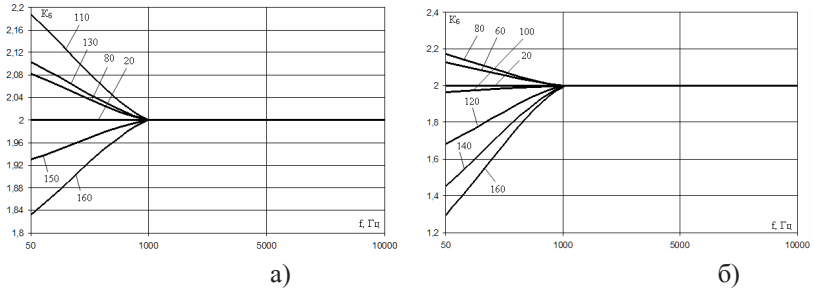


Рисунок 7 – Зависимость коэффициента эффекта близости K_b от частоты источника питания при температуре обмоток индуктора 20,4 К и различном отношении высоты медного (а) и алюминиевого (б) ленточных проводников к их толщине a/b

Влияние частоты источника питания на K_b для проводников, охлаждаемых на уровне температур 293 К (рисунки 5 а, б) сказывается в монотонном увеличении K_b с ростом f от 1 до 2,2 (максимальное значение соответствует частотам 5 и 10 кГц при отношении $a/b = 20$ ч 30 в зависимости от металла проводников. При этом диапазон изменения K_b в исследуемой области отношения $a/b = 20$ ч 160 составляет для частот 5 и 10 кГц – от 1 до 2,2 и не зависит от вида металла проводников; для частоты 1 кГц – от 1 до 1,38 для алюминиевых проводников и от 1 до 1,63 для медных проводников. Для частоты 50 Гц в случае температурного уровня 293 К K_b весьма близок к единице не зависимо от вида металла и отношения a/b .

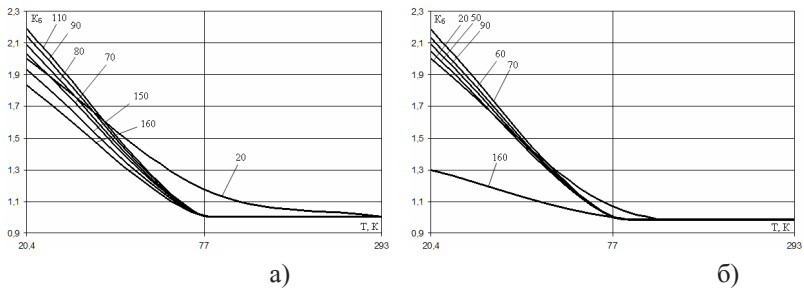


Рисунок 8 – Зависимость коэффициента эффекта близости K_b от температуры охлаждения обмоток индуктора при частоте источника питания 50 Гц и различном отношении высоты медного (а) и алюминиевого (б) ленточных проводников к их толщине a/b

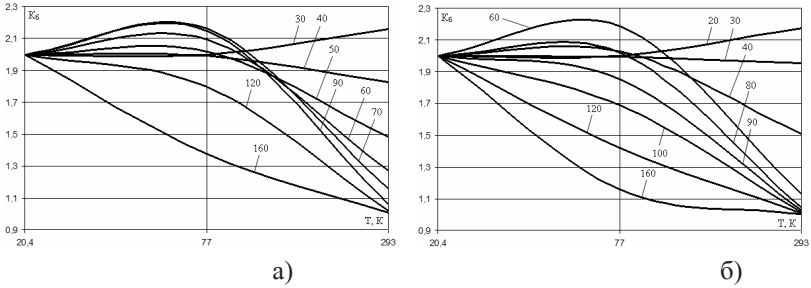


Рисунок 9 – Зависимость коэффициента эффекта близости K_{δ} от температуры охлаждения обмоток индуктора при частоте источника питания 1000 Гц и различном отношении высоты медного (а) и алюминиевого (б) ленточных проводников к их толщине a/b

Охлаждение проводников до уровня температур 77 К сдвигает точки экстремумов зависимости $K_{\delta} = f(f)$ в сторону уменьшения частот. Так, максимальные значения K_{δ} достигаются для частоты 1 кГц в диапазоне a/b от 20 до 30, для частоты 5 кГц – в диапазоне a/b от 50 до 70, для частоты 10 кГц – в диапазоне от 90 и выше.

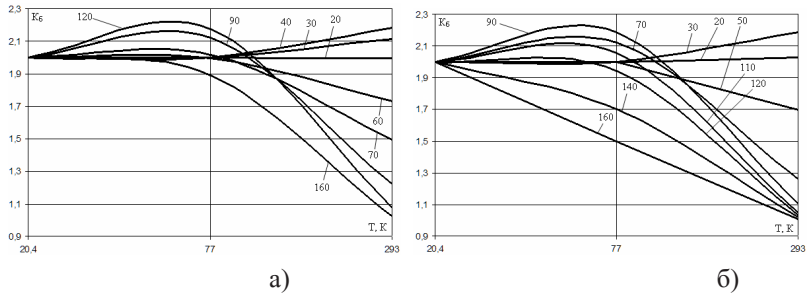


Рисунок 10 – Зависимость коэффициента эффекта близости K_{δ} от температуры охлаждения обмоток индуктора при частоте источника питания 10000 Гц и различном отношении высоты медного (а) и алюминиевого (б) ленточных проводников к их толщине a/b

Дальнейшее понижение уровня охлаждения проводников до температуры 20 К приводит к двукратному увеличению K_{δ} для частотного диапазона от 1 до 10 кГц независимо от отношения a/b и вида металла проводников. Для частоты 50 Гц в этом случае отношение a/b является определяющим, т.к. изменяет K_{δ} от 1,31 до 2,18 в диапазоне a/b от 160 до

20 для алюминиевых проводников и от 1,83 до 2,18 в том же диапазоне отношения a/b для медных проводников.

Анализ изменения исследуемой зависимости $K_6 = f(T)$ при воздействии охлаждения с различным уровнем температур при частоте источника питания 50 Гц (рисунки 8 ч 10) позволяет сделать вывод о увеличении значения K_6 от 1 для уровня температуры 293 К до его 10 ч 30 % увеличения для уровня температуры 77 К особенно для $a/b = 20$ и до весьма значительного увеличения $K_6 = 1,9$ ч 2,2 на уровне температуры в 20 К, кроме K_6 для алюминиевых проводников при отношении $a/b = 160$, который равен 1,3.

Повышение частоты источника питания определяет практически для всех ее исследуемых значений (от 1 до 10 кГц) максимальные значения коэффициента $K_6 = 2$ на уровне температуры 20 К при любом отношении a/b и виде материала проводника. В этом частотном диапазоне на уровне температуры 77 К отмечается максимальное значение $K_6 = 2,2$ при достаточно широком диапазоне его изменения по минимальному значению (от 1 на частоте 1 кГц для отношения $a/b = 160$ до 1,5 и 1,9 на частоте 10 кГц для такого же отношения при различном виде материала проводников.

Выводы:

– разработан и получен программный продукт (программа SKIN 2 в среде Borland DELPHI 7), позволяющий производить автоматизированный расчёт коэффициента эффекта близости ленточных проводников с отношением $a/b > 24$;

– получены графические зависимости $K_n = f(a/b)$ и $K_n = f(a/b)$ при различных f (Гц), ρ (Ом·м), T (К), которые можно использовать в инженерных расчётах, в частности при проектировании индукторов с самокомпенсацией реактивной мощности;

– определено, что зависимость коэффициента эффекта близости K_6 от различных факторов имеет более сложный характер, чем аналогичные зависимости коэффициента поверхностного эффекта K_n ;

– для значительного ослабления влияния эффекта близости на суммарное активное сопротивление проводников электротехнического устройства необходимо их толщину принимать соизмеримой с глубиной проникновения электромагнитной волны в материал проводников.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мартышева Ю.О., Науман О.А., Захаров И.В. Исследование проявления эффекта близости в ленточных проводниках // IX Сатпаевские чтения: Материалы научной конференции молодых ученых, студентов и школьников, том 6. – Павлодар: Кереку, 2009. – С. 141-145.

2. Методические указания к курсовому проекту по курсу «Электрические промышленные печи. Проектирование дуговых сталеплавильных печей»/ сост. Макаров В.С., Цишевский В.П.; Ред. Л.Г. Ткачёв. М.:МЭИ, 1988. -44 с.

3. Сарапулов Ф.Н. Расчёт параметров цепей электротехнологических установок. – Екатеринбург: УГТУ, 1999. – 83 с.

4. Мартышева Ю.О., Науман О.А., Захаров И.В., Утегулов Б.Б. Исследование поверхностного эффекта в ленточных проводниках // Вестник Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2009, № 2. – С. 100-105.

Түйіндеме

Жұмыста ықпал етуші факторлардың (қоректендіруші тоқ жиілігі, меншікті электрлік кедергі, салқындатудың температуралық деңгейі, өткізгіштің геометриялық параметрлері) өзгеруінің кең диапазонында таспалық өткізгіштерде жақындық өсердің шығуын теориялық зерттеулердің нәтижелері келтірілді.

Resume

In work results of theoretical researches of display of effect of affinity in tape conductors in a wide range of change of influencing factors (frequency of a feeding current, specific electric resistance, temperature level of cooling, geometrical parameters of a conductor) are resulted.

УДК 621.31: 681.51.001.575

КОМПРЕССОРЛЫҚ СТАНЦИЯНЫҢ БАСҚАРАУДЫҢ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ЖҮЙЕСІН ҚҰРАСТЫРУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ

В.Г. Сальников

Новосибирская академия водного транспорта (Россия),

С.А. Мендыбаев, Т.Б. Масакбаев

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова

Қарау мақсатымен автоматты басқару жүйелері шешім мүмкін біреудің екі мақсаттан - жүйе талдау мақсаттары немесе синтез мақсаттары.

Белгілі, не тек бары жанында объекті жеткілікті дәл математикалық үлгілері мына объектімен басқару жоғары сапалы жүйесін жоба жасауға болады. Эшби принципіна және де, сәйкес басқару объектісі қиындығы төмен емес басқарушы құрылғы қиындығы тиісті болу.

Іске асырылушыда бізбен қысым тәуелділіктері түзу мүмкін алғыс айту мынау автоматты басқару жүйесіне тұрақты қысымды жөнге салу всасе.жайлар - жапқыш бұрышы өзгертуімен жүзеге асады немесе шапшаң қысымның ауа бұқаралық тығыздықтары [1, 2, 3].

Көбірек толық тап осы тәуелділікті қарап шығамыз. Үшін мынаның центрден тепкіш компрессорда қысым жоғарылау принципі қажетті түсіну. Центрден тепкіш компрессорда қысым жоғарылауы болады. Ол үшін счёт артудың ауа сел жылдамдықтары. Айналғанның-арқылы - тесік ауа сағаға бағыттайды. Крыльчатка қосымша жылдамдық ауа селіне хабарлайды және диффузор арқылы оның босатады, қайда жылдамдық қысымға қайта құрылады. Сайып келгенде, айналған крыльчатка ауа селі кинетикалық энергиясын үлкейтеді.

Кинетикалық энергия ауа селі агрегатына формуламен орнында болады.

$$E_{кин} = \frac{mV^2}{2} \quad (1)$$

Егер m көпшілігі орнына ауа бұқаралық тығыздығы тосу ρ , кг | м³, онда ауа динамикалық қысымдары табуға арналған (2) формуланы аламыз

$$q = \frac{\rho V^2}{2} \quad (2)$$

Сайып келгенде, ашулар-жапқыш мөлшерінен ауа бұқаралық тығыздығы тәуелді болады, қысу сатысында түсетінді, не ақырғы шығатын қысымға өз кезегінде әсер етеді.

Қалай жоғарырақ белгіленген болатын, жасауға арналған автоматты басқару іскер жүйелері, жөнге салу қойылатын талап сапасы қамтамасыз етушінің, қажетті, ең алдымен, басқару объекті қасиеттері білу (статикалық және динамикалықтар).

Бұлар мінездемелер объекті әртүрлі кіріс және шығатын мөлшерлері аралық байланыс дәрежесін бағалауға мүмкіндік туғызады. Статикалық мінездеменің анықтайды - немесе тәжірибелік жолмен.

Басқару объектісі динамикалық мінездемесімен мөлшер шығатын тәуелділігі аталады, кіріс өтетін тәртіпте мөлшердің [5, 6]. Басқару объекті мөлшер шығатыны өзгерту сондықтан әр түрліше әртүрлі ашу кернеулер жанында бола алады, объекті динамикалық мінездемелерінің зерттеуіне арналған типтік сыртқы әсерлерді әдеттегі қолданады. Ең көп таралғанның және жеңіл мінездемемен алынған тәжірибелік динамикалықтың қисық қуып жіберуді есептеуге болады, яғни өзгерту уақыттардың мөлшер шығатыны сатылы өзгертуден кейін кіріс мөлшердің.

Қисық қуып жіберуді келесі параметрлер, объекті сипаттайтын динамикалық қасиеттері анықтайды:

а) кешігу – егер жанама нүктеде өзгерту барынша көп жылдамдықтары мөлшер шығатыны өткізу қисық қуып жіберудің және жалғастыру её кесіп өтуге

дейін бастапқы орналастырылған мағына сызығымен мөлшер шығатыны, онда ашу кернеу салуы кезеңінің уақыттардың кесіндісі жанама кесіп өту нүктесіне дейін абсцисс осымен басқару объекті жалпы кешігуі анықтайды;

б) тұрақты уақыттардың – жанама кесіп өту кезеңінің уақыттардың кесіндісі бастапқы орналастырылған мағына сызығымен кезеңге дейін еө кесіп өтудің Тоб объектісі уақыттарының тұрақты жаңа орналастырылған мағына сызығымен аталады;

в) тапсыру коэффициенті – объекті мөлшер шығатын өзгертуі өзімен статикалық объектінің артынан ұсынады, асу жанында бастапқының жаңа орналастырылған күй-жағдайға - жеке ашу кернеуге кіруде .

Алынған мағыналардың негізінде объекті қолдан-қолға берілетін функциясын анықтайды. Басқару объекті анықтамасы мыналар жанында мүмкін кешігумен қарапайым статикалық объекті түрінде және Wоб қолдан-қолға берілетін функциялары (s)

$$W_{об}(s) = k_{об} e^{-\tau s} / (T_{об} s + 1); \quad (3)$$

Немесе қарапайым астаттық объектінің кешігумен

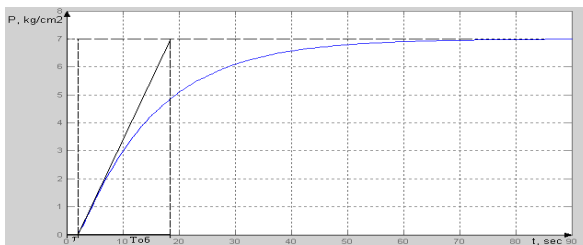
$$W_{об}(s) = k_{об} e^{-\tau s} / s; \quad (4)$$

Қайда коб – объекті тапсыру коэффициенті;

τ — кешігу уақыты;

$\tau_{об} - \tau б$ – тұрақты объекті уақыттарының;

Қуып жіберудің қисық табудың басқару объекті қолдан-қолға берілетін функциялары пайдаланып қаламыз, алынғанның тәжірибелік (1 сурет).



1-Сурет Қисық басқару объектісі қуып жіберуінің

Өтетін процес уақыттарының тұрақты 3.2 суреттен анықталатын, сонымен қатар кешігу уақыты $\tau_{об} = 2$ с.

Объекті мөлшер шығатын өзгертуі өзімен тапсыру коэффициент басқару объекті қобы ұсынады, асу жанында бастапқының жаңа орналастырылған күй-жағдайға, апарып берілген ауыспалылыққа орган реттеуші.

(3.5). формуламен қоб тапсыру коэффициентін табамыз

$$k_{об} = \frac{x(\infty) - x_0}{\Delta x_{ex}}, \frac{\text{давление}}{\% \text{хода}} ; \quad (5)$$

Қайда $x(\infty)$ – объекті орналастырылған күй-жағдайы ;

x_0 – объекті бастапқы күй-жағдайы ;

Δx – орган реттеуші ауыспалылық .

(3.5), аламыз формулаға лайықты мағыналар тосып

$$k_{об} = \frac{7-0}{1} = 7 \frac{\text{кгс} / \text{м}^2}{\%} ; \quad (6)$$

Басқару объекті ақырғы қолдан-қолға берілетін функциясы түрді болады

$$W_{об}(s) = \frac{7e^{-2s}}{16,5s + 1} ; \quad (7)$$

Турбо-компрессорға кіруде берілген температуралық деңгейдің оның айналып жүрүлі май температура жөнге салу жүйесі сүйемелдеу үшін арналған. Мына параметр таңдауы кім, не ретінде жөнге салынатынның қойылатын талап жабысқақтық турбокомпрессорына май берулері қажеттілікпен түсіниседі. Мыналар жанында өзі турбокомпрессор жөнге салу объектісімен келмейді, ол сондықтан – май тұтынушысы, және барлық жылу айырбас процестері, болатындар - май жөнге салынатын параметрі мөлшерінде білінбейді.

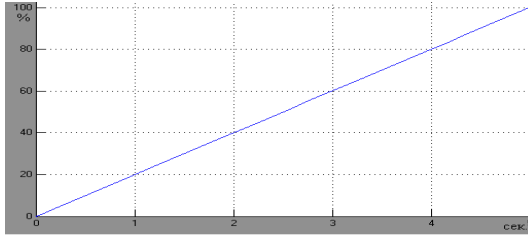
Жүйеде жөнге салу объектісі кім, не ретінде қозғалтқыш майлаулары жылу айырбастаушы қолданылады (май–салқындатушы су), қайсыда әкелген және апарылатын жылулық теңгеріледі оның май салыстырмалы берілген мағына сақтауы жанында температураның турбокомпрессорға кіруде.

Сан әкелгеннің су жылу айырбастаушысына, ал, демек, және лайықтыны орган реттеуші май салқындау күшейте түскендігі ашу дәрежесімен анықталады.

Орган реттеуші қаралатында бізбен самовыравниваниясыз автоматты басқару жүйесіне объектімен келеді және көз алдына келген интегралдаушы буынмен. Жалпы түрде интегралдаушы буын қолдан-қолға берілетін функциясы түрді болады.

$$W_H(s) = \frac{k_p}{s}; \quad (8)$$

Орган реттеуші қолдан-қолға берілетін функцияны табамыз қисық қуып жіберудің, көз алдына келгеннің 3.3 суретте.



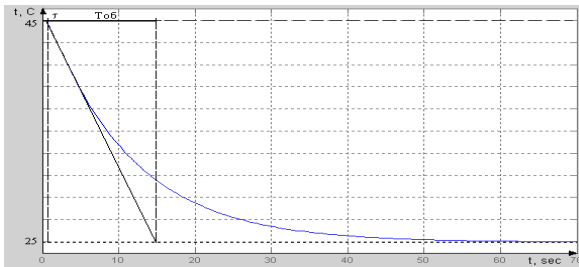
2-Сурет Қисық басқару объектісі қуып жіберуінің

Графика суретте 2 көрініп тұр, не орган реттеуші көз алдына келген интегралдаушы буынмен күшейту коэффициентімен, бірдеймен 100 және тұрақтының интеграциялау уақыттарының, бірдейдің 5.

Сайып келгенде, қолдан-қолға берілетін функция түрді орган реттеуші болады

$$W_{po}(s) = \frac{100}{5s} = \frac{20}{s}; \quad (9)$$

Тәжірибелік қисық басқару объектісі қуып жіберуінің суретте көз алдына келген



3-Сурет Қисық басқару органы қуып жіберуінің

Өтетін процес уақыттарының тұрақты суреттен 3.4 анықталатын, сонымен қатар кешігу уақыты $T \tau_{об} = 1 \text{ с}$.

Объекті мөлшер шығатын өзгертуі өзімен тапсыру коэффициент басқару объекті көбы ұсынады, асу жанында бастапқының жаңа орналастырылған күй-жағдайға, апарып берілген ауыспалылыққа орган реттеуші.

(3.6), аламыз формулаға лайықты мағыналар тосып

$$k_{об} = \frac{25 - 45}{1} = -20 \frac{^{\circ}\text{C}}{\%}; \quad (9)$$

Басқару объекті ақырғы қолдан-қолға берілетін функциясы түрді болады

$$W_{об}(s) = \frac{-20e^{-1s}}{14s + 1} \quad (10)$$

Құрастырылған компрессорлық станцияның басқарудың автоматтандырылған жүйесін математикалық үлгісі сенімділік және өнеркәсіпті объекті жұмыс жасау нәтижелілігі мүмкіндік беретін жоғарылату.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Теория автоматического управления. Ч. 1, 2. Под ред. А.А. Воронова Учеб. пособие для вузов. -М.: Высшая школа.
2. Наладка средств автоматизации и автоматических систем регулирования: Справочное пособие. Под ред. А.С. Ключева.-М.: Энергоатомиздат.
3. Техника чтения схем автоматического управления и технологического контроля. Под ред. А.С. Ключева. -М: Энергоатомиздат.
4. Волкевич Л.И., Коваль М.П. Комплексная автоматизация производства. -М.: Машиностроение.
5. Проектирование систем автоматизации технологических процессов, под ред. А.С. Ключева. Справочное пособие. – М.: Энергоатомиздат.
6. Ищенко А.Д. Статические и динамические свойства агломерационного процесса.- М.: Металлургия.

Резюме

В статье рассматривается математическая модель автоматизированной системы управления компрессорной станцией, позволяющая повысить надежность и эффективность функционирования промышленного объекта.

Resume

In clause the mathematical model of the automated control system of compressor station allowing is considered(examined) to raise(increase) reliability and efficiency of functioning of industrial object.

ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЭКСЦЕНТРИСИТЕТА РОТОРА АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

А.Н. Новожилов, Н.А. Исупова

Павлодарский государственный университет им. С.Торайгырова

Постановка задачи. Электромеханическое преобразование энергии обычно сопровождается потерями. В асинхронных двигателях (АД) их можно разделить на основные и добавочные. К основным потерям относят электрические в обмотках, магнитные в ферромагнитных сердечниках и элементах конструкции, а также механические и вентиляционные потери. Они в основном зависят от конструкции АД и достаточно хорошо исследованы. Так соответствии с [1-3], именно их величина определяет коэффициент полезного действия АД, который проставляют в паспорте на заводе.

Добавочные потери [4-6] возникают в результате вторичных процессов электромагнитного характера, например, вследствие искажения воздушного зазора при эксцентриситете или разнице в сопротивлений стержней короткозамкнутого ротора АД. Такие дефекты могут возникнуть в АД при изготовлении на заводе или во время эксплуатации. Эксплуатация АД с такими дефектами обычно не приводит к немедленному выходу его из строя, а сопровождается ухудшением эксплуатационных характеристик и повышением потреблением электроэнергии. Добавочные потери на заводе не отражают в паспортных данных АД. Их уровень в АД при отпуске с завода определен уровнем технологии, квалификации персонала и контроле качества выпускаемой продукции. В этой работе сделана попытка оценки величины дополнительных потерь при естественном смещении ротора, то есть при технологическом эксцентриситете.

Определение величины технологического эксцентриситета и вызванных им потерь осуществляется следующим образом. Первоначально находят общую зависимость тока АД от эксцентриситета ротора. Затем экспериментально на группе двигателей определяют ток при технологическом эксцентриситете и величину технологического эксцентриситета.

Ток АД при эксцентриситете ротора. Как правило, статический эксцентриситет ротора возникает в АД при смещении опор подшипников. Он сопровождается неравномерностью воздушного зазора. При этом в зазоре возникают дополнительные поля [5,6]. Последние индуцируют в «беличьей клетке» ротора дополнительные токи. Эти токи существенно изменяют параметры АД и определяют его потери при эксцентриситете ротора.

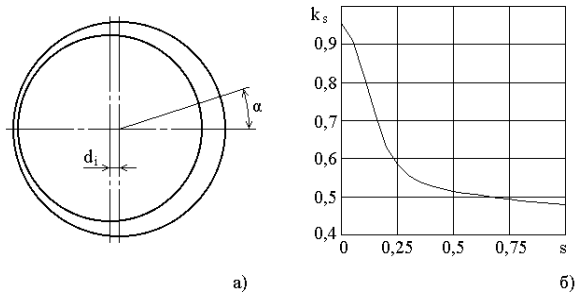


Рисунок 1-Расчетная схема и зависимость коэффициента перемещения в зависимости от l_2/l_1

В соответствии с [1-3] сердечник ротора изготавливают из листов электротехнической стали. Если считать, что первый и последний лист сердечника ротора удалены от неподвижной опоры на расстоянии l_1 и l_2 , то они сместятся на d_1 и d_2 соответственно. Так как обычно технологический эксцентриситет мал, а разница между d_1 и d_2 невелика, то с учетом [5,6] и рис.1,а величина воздушного зазора

$$\delta(\alpha) = k_{\delta} \delta_n - d_{cp} \cos \alpha,$$

где $d_1 = d_2 l_1/l_2$; $d_{\bar{a}} = (d_1 - d_2)/2$; α - геометрический угол, отсчитываемый вдоль рашотки ротора от оси обмотки статора той фазы, в которой ток равен амплитуде при $t=0$; k_d -коэффициент Картера.

Если принять величину относительного эксцентриситета

$$\varepsilon = d_{cp} / (k_{\delta} \delta_n), \quad (1)$$

то удельная проводимость зазора, образованная сердечником ротора

$$\lambda_{\delta} = \frac{\mu_0}{k_{\delta} \delta_n (1 - \varepsilon \cos \alpha)}.$$

Разложив второй множитель этого выражения в ряд Фурье и ограничившись нулевым и первым членом ряда, можно получить

$$\lambda_{\delta} = \frac{\mu_0}{k_{\delta} \delta_n} \lambda_0 \left(1 + \frac{\lambda_1}{\lambda_0} \cos \alpha \right), \quad \lambda_0 = 1/\sqrt{1-\varepsilon^2}; \quad \lambda_1 = 2\left(1 - \sqrt{1-\varepsilon^2}\right) / \varepsilon \sqrt{1-\varepsilon^2} \quad (2)$$

Пространственное распределение основной гармонической поля воздушного зазора в эксплуатационных режимах работы при синусоидальном напряжении сети моделируется по методу удельной магнитной проводимости зазора [7]. Если считать магнитную проницаемость стали бесконечно большой и принять магнитодвижущую силу ротора равной нулю, то без эксцентриситета в режиме холостого хода индукция магнитного поля воздушного зазора АД

$$B_{\delta} = \frac{\mu_0}{\delta_n k_{\delta}} \frac{m\sqrt{2}w_1 k_{ol}}{2\pi p} I_{1xx} \lambda_{\delta}, \quad (3)$$

где $I_{1\delta}$ - действующее значение тока холостого хода в фазах АД без эксцентриситета; w_1 - число последовательно соединенных витков в обмотки фазы статора; k_{ol} - обмоточный коэффициент; m - число фаз обмотки статора.

Если (2) подставить в (3) и с учетом [3] преобразовать, то при эксцентриситете ротора

$$B_{\delta} = \frac{\mu_0}{\delta_n k_{\delta}} \frac{m\sqrt{2}w_1 k_{ol}}{2\pi p} I_{1xx} \lambda_0 \left\{ \cos(\omega t - p\alpha) + \frac{\lambda_1}{2\lambda_0} \cos[\omega t - (p+1)t] + \frac{\lambda_1}{2\lambda_0} \cos[\omega t - (p-1)t] \right\}, \quad (4)$$

где первое слагаемое уравнения является основной гармонической поля зазора, а второе и третье – дополнительные с числом пар полюсов равным $\delta \pm 1$, которые и определяют потери от эксцентриситета ротора.

Анализ (4) показывает, что дополнительные поля в воздушном зазоре пропорциональны основному полю, вращаются асинхронно с ротором и поэтому демпфируются полями “белочей клетки”. Поле зазора зависит от скольжения S ротора и определяется отношением $k_s(s) = E_1/U_1$, усредненное значение которого приведено на рис.1,б. и построено с учетом [2], где E_1 - ЭДС, индуцируемая в обмотке фазы статора магнитным полем воздушного зазора АД, а U_1 - фазное напряжение сети.. Тогда ток АД при эксцентриситете ротора можно рассчитать как

$$I_1^* = I_1 + I_{1xx} \left(1 - D_{p\pm 1} \right) \frac{\lambda_1}{\lambda_0} k_s^2, \quad (5)$$

где I_1 и I_1^* - действующее значение тока в фазе АД до и после

эксцентриситета ротора; $D_{p\pm 1}$ - коэффициент демпфирования, который по [6] в соответствии с рекомендациями Иордана и Фрейса следует принимать равным $0,25 \div 0,3$.

Расчет тока фазы I_1^* на АД АО-31-4 при эксцентриситете ротора приведен на рис.2,а.

Экспериментальные исследования. Экспериментальное исследование зависимости $I_1^* = f(\varepsilon)$ и определение технологического эксцентриситета ротора АД проводилось в электротехнической лаборатории кафедры «Автоматизация и управление» ПГУ им. Торайгырова на базе группы из десяти двигателей АД АО-31-4. Экспериментальное значение $I_1^* = f(\varepsilon)$ приведено на рис.2 в виде точек. Из этого рисунка видно, что результаты расчета и эксперимента отличаются не более чем на 10-15%.

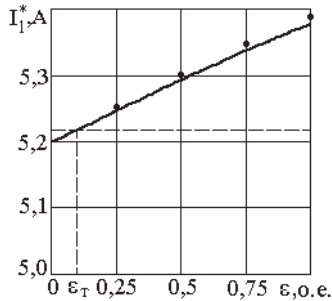


Рисунок 2-Схема и результаты измерения увеличения тока АД в зависимости от эксцентриситета ротора

Экспериментальное среднее значение I_1^* для группы АД составило порядка $5,23 \text{ А}$, а технологический эксцентриситет ε_m соответственно примерно 0,1. Таким образом для данного типа двигателя перерасход электроэнергии в режиме номинальной нагрузки составит примерно 35-30 Вт. При непрерывной эксплуатации АД такого типа в течении года перерасход электроэнергии составит примерно $265 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$. Что соизмеримо со стоимостью самого двигателя. Для избавления от этих потерь следует повышать культуру и улучшать технологию производства АД.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины: Учебник для вузов. -М.: Энергия, 1980.- 928 с.

2. Петров Г.Н. Электрические машины. Ч.2. Асинхронные машины и синхронные машины. -М.-Л.: Энергия, 1968.- 224с.
3. Копылов И.П., Горяинов Ф.А., Клоков Б.К. и др. Проектирование электрических машин. -М.: Энергия, 1980.- 495с.
4. Известия Академии наук СССР. Энергетика и транспорт. №1, 1982. Богуславский И.З. Токи в несимметричной короткозамкнутой клетке ротора.
5. Новожилов А.Н. Токи асинхронного двигателя при статическом эксцентриситете// Электротехника. – 1994.- №11.- С.45-47.
6. Геллер Б., Гамата В. Высшие гармоники в асинхронных машинах. -М.: Энергия, 1981.- 351с.
7. Вольдек А.И. Электрические машины. -Л.: Энергия, 1974.- 639с.

Түйіндеме

Көрінісін процессі қаралған және электр энергиясы шығындарының мөлшерлері асинхрондық қозғалтқыш роторы технологиялық эксцентриситеті жанында көрсетілген.

Resume

Process of occurrence and sizes of losses of the electric power is considered at technological exsentrisset a rotor of the asynchronous engine.

УДК 621.313.333.1

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАБОТЫ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВУХДВИГАТЕЛЬНЫМ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

Б.Б. Утегулов, С.С. Исенов

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова

Для ряда подъемно-транспортных механизмов, используется двухдвигательный асинхронный электропривод (ДАЭП), регулирование координат которого осуществляется изменением добавочных сопротивлений в цепи роторов. Однако такой способ регулирования координат электропривода, в настоящее время, не может удовлетворить возросшим требованиям. Следовательно, необходимо перейти к другому способу, в котором требуемые характеристики обеспечиваются минимальными затратами, и особенно важно использовать существующие двигатели с фазным ротором, внося изменения только в электрическую часть привода.

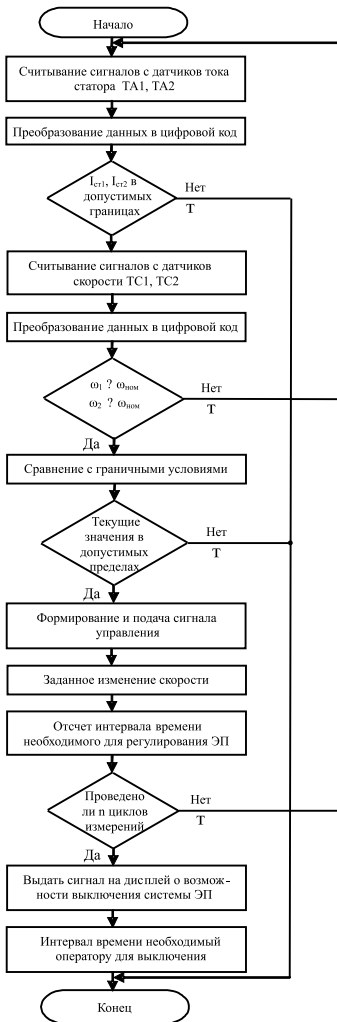
будут реализованы последовательным методом. Для алгоритма управления исходными данными являются сигналы, поступающие от датчиков; искомым результатом – сигналы управления, выдаваемые на объект. Таким образом, разработка алгоритма регулирования определенной координаты заключается в выработке последовательности операций, направленных на достижение поставленной цели. Действия, используемые в алгоритме, должны по возможности ориентироваться на технические средства, которыми будут реализовываться алгоритм.

На основе функциональной схемы ДАЭП, разработан алгоритм работы системы привода показанный на рисунке 2.

В начале работы считывается текущее значение параметра (входного слова) и сравнивается с номинальными значениями. В связи с чем необходимо сохранение в системе последовательности символов, представляющих каждое входное слово. Шаг сравнения, показанный как блок на рисунке 2, подразумевает, что текущее слово-значение, снимаемое с датчиков нужно сравнить с номинальными значениями-словами, хранящимися в памяти, и результат представить в виде сигнала состояния, выведенное на индикатор. Если различие отсутствует, то содержимое входного счетчика увеличивается на 1 и проверяется, все ли значения-слова уже испытаны. Далее следует программное возвращение к начальной точке для считывания следующего входного слова. Если же имеется различие между данным входным словом и предыдущим отчетом, то надо исследовать каждый момент времени, чтобы определить, в каком именно отрезке или группе разрядов различаются между собой биты. После этого нужно выполнить соответствующее воздействие.

Разрабатывая алгоритм необходимо, чтобы все операции, выполняемые в соответствии с алгоритмом, расширить, т.е. детализировать до такой степени, чтобы показать отдельные шаги, которые требуется совершить для достижения желаемого результата. Детализированная схема алгоритма (рисунок 3) функционирует на основе пределов показанных в таблице 1 и области регулирования приведенной на рисунке 4 [4].

Работа устройства происходит следующим образом, при соотношении системы электропривода когда первый электродвигатель М1, находится в зоне по току статора I_{MIN1} , I_{MIN1} – и скорости вращения ω_{MIN1} , ω_{MIN1} , необходимо положительное регулирование, т.е. двигателю М1 не хватает определенного числа оборотов до номинального уровня, вследствие этого микропроцессорная система управления увеличивает время открывания, главного тиристора VS1, тиристорного коммутатора, путем подачи импульса управления, за счет этого двигатель М1 набирает обороты, микроконтроллер пытается вывести двигатель М1 на номинальный режим работы.



Если текущие значения снимаемые с датчиков находятся в зоне по току статора I_{MAX11} , I_{MIN11} и скорости вращения W_{MAX1} , необходимо отрицательное регулирование – т.е. число оборотов превышает номинальный уровень, но находится в пределах возможного регулирования, вследствие этого микроконтроллер уменьшает время открывания тиристорного коммутатора, за счет чего двигатель М1 снижает обороты, система управления автоматически, в соответствии с заданной программой старается вывести двигатель к номинальному режиму работы. Если же значения выходят за минимальный по току статора I_{MIN11} , и скорости вращения W_{MIN1} предел, или за максимальный по току статора I_{MAX11} , и скорости вращения, W_{MAX1} предел, то микропроцессорная система выдает сигнал на дисплей о превышении допустимой нормы текущих значений и отключает ДАЭП. Одновременно происходит регулирование двигателя М2, если он находится в зоне по току статора I_{MIN12} , I_{MAX12} и по скорости вращения W_{MIN2} , W_{MAX2} , то система автоматического управления в соответствии с заданной программой выдает положительное управление, вследствие чего время открывания главного тиристора VS2 увеличивается, что приводит к увеличению числа оборотов электродвигателя М2 и система управления подводит работу привода к номинальной, если текущие значения находятся в зоне по

току статора – I_{MAX12} , I_{MIN12} и скорости вращения – W_{MAX2} , W_{MIN2} . тогда необходимо регулирование по отрицательному воздействию, так как число оборотов двигателя М2 превышает номинал, но находится в пределах регулирования, вследствие чего время открывания главного тиристора VS2 уменьшается, привод сбавляет скорость вращения и система автоматического управления подводит ее к номинальной.

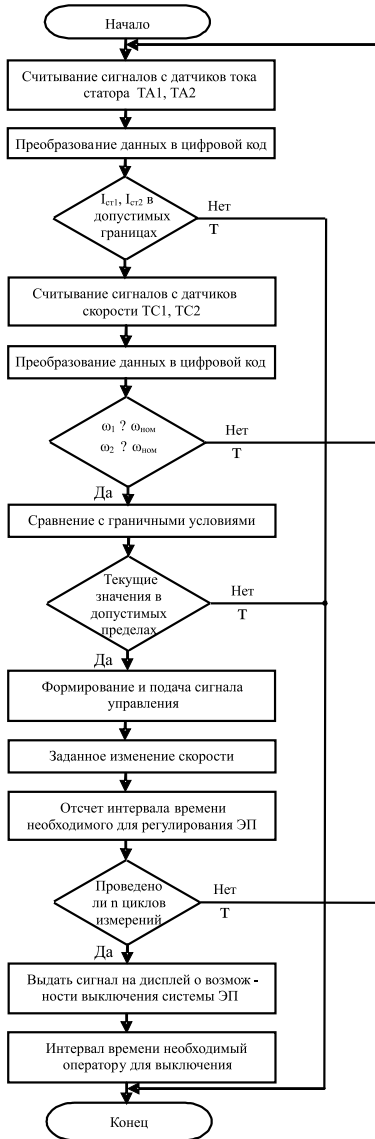


Рисунок 2 – Алгоритм работы устройства автоматического регулирования скорости ДАЭП.

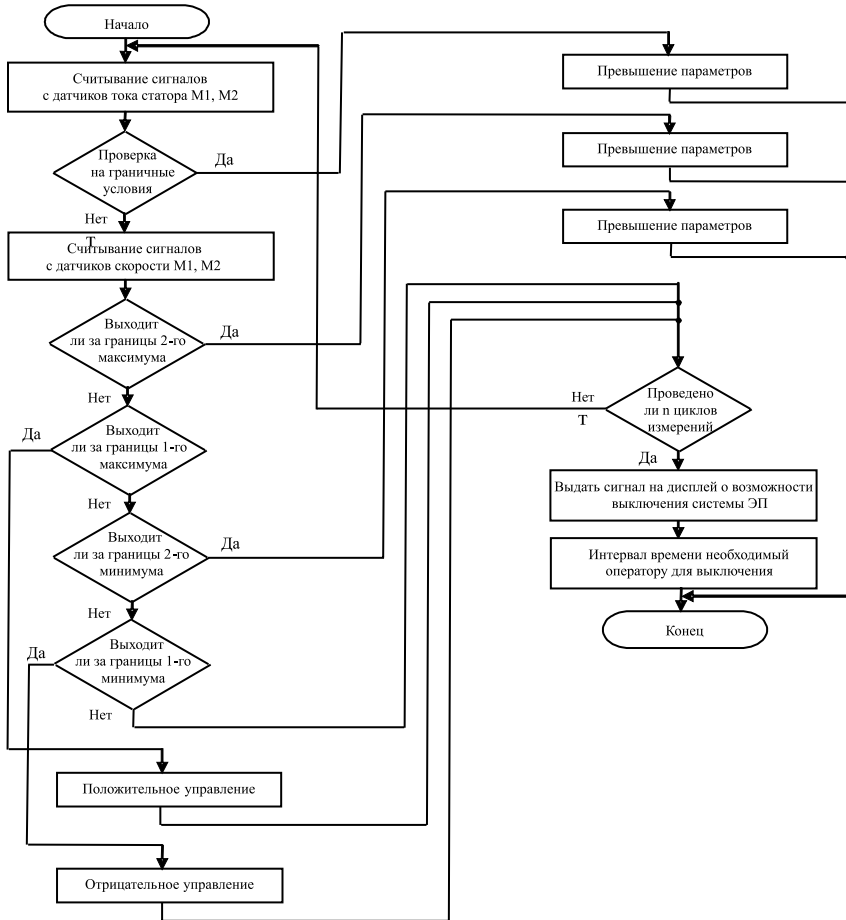


Рисунок 3 – Расширенный алгоритм работы устройства автоматического регулирования скорости ДАЭП.

Таблица 1

Пределы регулирования ДАЭП.

| № п/п | Параметр | Обозначение | Единица измерения | Примечание (величина) |
|-------|---|------------------------|-------------------|-----------------------|
| 1) | Токи статоров 1 и 2 двигателей | I_{11}, I_{12} | А | Переменные |
| 2) | Скорость вращения 1 и 2 двигателей | W_1, W_2 | об/мин | Переменные |
| 3) | Максимальное значение токов статоров 1 и 2 двигателей | I_{MAX11}, I_{MAX12} | А | Постоянные |
| 4) | Максимальное значение скорости вращения 1 и 2 двигателей | W_{MAX1}, W_{MAX2} | об/мин | Постоянные |
| 5) | Минимальное значение токов статоров 1 и 2 двигателей | I_{MIN11}, I_{MIN12} | А | Постоянные |
| 6) | Минимальное значение скорости вращения 1 и 2 двигателей | W_{MIN1}, W_{MIN2} | об/мин | Постоянные |
| 7) | Максимальное значение токов статоров 1 и 2 двигателей не подлежащих регулировке | I_{MAX11}, I_{MAX12} | А | Постоянные |
| 8) | Минимальное значение токов статора 1 и 2 двигателей не подлежащих регулировке | I_{MIN11}, I_{MIN12} | А | Постоянные |
| 9) | Максимальное значение скоростей 1 и 2 двигателей не подлежащих регулировке | W_{1MAX1}, W_{2MAX2} | об/мин | Постоянные |
| 10) | Минимальное значение скоростей 1 и 2 двигателей не подлежащих регулировке | W_{1MIN1}, W_{2MIN2} | об/мин | Постоянные |

Если же текущие значения электродвигателя М2 выходят за зону регулирования т.е., по току статора I_{2MIN12} и скорости вращения W_{2MIN2} – выходят за минимальный предел, или по току статора I_{2MAX12} и скорости вращения W_{2MAX2} – выходят за максимальный предел, в соответствии с этим на индикатор поступает сигнал оператору о превышении заданных параметров и система отключается.

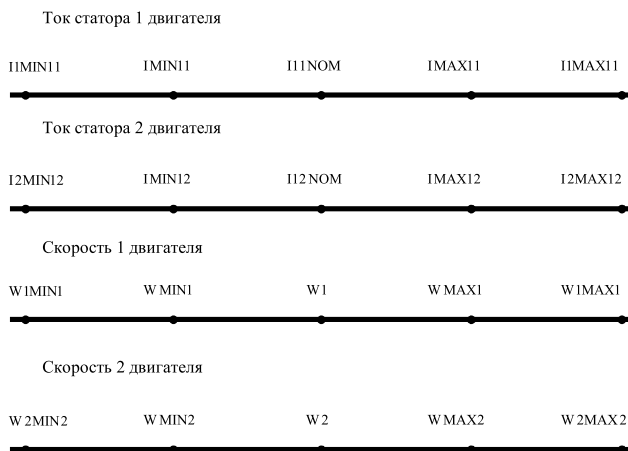


Рисунок 4 – Области регулирования ДАЭП

Если электродвигатель М1 лежит в пределах по току статора $I_{MIN1} \leq I \leq I_{MAX1}$ и по скорости вращения $w_{MIN1} \leq w_1 \leq w_{MAX1}$, а электродвигатель М2 в пределах по току статора $I_{MIN12} \leq I \leq I_{MAX12}$ и по скорости вращения $w_{MIN2} \leq w_2 \leq w_{MAX2}$ данные пределы соответствуют допустимым значениям работы ДАЭП и микропроцессорная система управления, работает в режиме диагностики и управляющий сигнал на тиристорные коммутаторы, соответствующий поддержанию заданной скорости электро-двигателей одинаков. Двигатели системы вращаются синхронно и синфазно, что наблюдается крайне редко.

Вывод: Разработанные в статье функциональная схема и принцип действия, алгоритмы работы, таблица пределов и области регулирования двухдвигательного асинхронного электропривода, позволяют повысить надежность, уровень автоматизации, расширить диапазон регулирования и являются основой для разработки программного обеспечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Файнштейн В.Г, Файнштейн Э.Г. Микропроцессорные системы управления тиристорными электроприводами. // Энергоатомиздат. – Москва, 1986.-240 с.
2. Утегулов Б.Б., Марковский В.П., Исенов С.С. Разработка автоматического устройства импульсного регулирования скорости в двухдвигательном асинхронном электроприводе // Вестник КазАТК им. М. Тынышпаева. – 2007. – №6. – С. 110-113.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ

3. Многодвигательный асинхронный электропривод. Инновационный патент на изобретение № 20859. Заявка № 2008/0053.1. / Утегулов Б.Б., Марковский В.П., Исенов С.С., Ахметов Р.Б. – 4 с.

4. Исенов С.С. Разработка алгоритма работы устройства автоматического импульсного регулирования скорости в двухдвигательном асинхронном электроприводе // Вестник СГУ им. Шакарима. – 2008, №2. – С. 146-155.

Түйіндеме

Жұмыста екі қозғалтқышты асинхронды электр жетекпен функционалды сұлбасы және әрекет ету қажидасы, жұмыс алгоритмдары, шектердің кесте және жсонге салу облыстары өңделіп келтірілген.

Resume

In article are brought designed functional scheme and principle of the action, algorithms of the work, table limit and area of the regulation double-motor anisochronous electric drive.

УДК 669.2

РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ РУДОВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОПЕЧЕЙ

В.Ф. Хацевский, Т.В. Гоненко

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова

В.С. Чередниченко

ОАО “Сибэлектротерм” г. Новосибирск

К.В. Хацевский

Омский государственный технический университет, г. Омск

Анализ отечественной и мировой практики эксплуатации существующих потребителей электрической энергии показывает, что в связи с суточной неритмичностью работы промышленных предприятий, ростом потребления электроэнергии в быту и сельскохозяйственном производстве во многих питающих энергосистемах возникает напряженный энергетический баланс, наиболее выраженный в осенне-зимний период, когда потребность в электроэнергии возрастает. По мере роста потребления электроэнергии происходит увеличение неравномерности графиков нагрузки энергосистем и если не проводить мероприятия по рациональному использованию электроэнергии, необходимо иметь значительный резерв генерирующих

мощностей и обеспечивать определенные требования к маневренности электростанций.

Одним из эффективных путей решения проблемы рационального использования энергетических мощностей является уплотнение графиков нагрузки энергосистем путем смещения максимального потребления электроэнергии мощными энергоемкими установками промышленных предприятий, составляющих 60–70 % общей нагрузки энергосистем, во внепиковую зону суток. Экономическая эффективность использования нагрузки потребителей, регулирующих свое электропотребление, для выравнивания графиков нагрузки энергосистем определяется значительным уменьшением расхода топлива на электростанциях на выработку электроэнергии, а также отсутствием необходимости строительства пиковых электростанций, удельные капитальные вложения на которые в 2–3 раза выше, чем на указанных потребителей.

В связи с этим питающие энергосистемы вынуждены производить лимитированный отпуск электроэнергии и в часы максимальных нагрузок ограничивать энергопотребление за счет наиболее энергоемких потребителей. К числу таких потребителей относятся металлургические предприятия со сверхмощными РВП, установленными группами до 10 электропечей с единичной мощностью от 20 до 90 МВА.

Существующие ограничения энергопотребления предприятий с РВП приводят к сокращению выпуска продукции, перерасходу электроэнергии, снижению надежности работы высокопроизводительного электротехнологического оборудования и в результате – к значительному экономическому ущербу. Практика отключения отдельных РВП при возникающих ограничениях энергопотребления показала, что за счет большой тепловой инерционности электропечей и значительного уровня аккумулированной энергии в принципе возможно их отключение на контролируемый период времени. Однако последующее безаварийное введение электропечей в рабочие режимы требуют существенных затрат электроэнергии и выполнения трудоемких работ с потерей производственного времени. Масштабность рассматриваемых задач можно оценить хотя бы по тому факту, что установленная мощность разработанных ВНИИЭТО, изготовленных ОАО “Сибэлектротерм” и эксплуатируемых в настоящее время РВП в России и странах СНГ составляет более 7500 МВА. Такой уровень энергопотребления однотипным видом оборудования определяет важность проблемы оптимизации режимов эксплуатации РВП не только в номинальных режимах, но и в нестационарных при снижении вводимой мощности.

Использование методов согласования графиков нагрузок, включающих снижение потребляемой мощности РВП до меньшего значения, чем номинальная мощность, осложняется возникновением аварийных ситуаций и отсутствием

методов анализа таких режимов работы РВП. Сложность происходящих в этих печах процессов, взаимосвязь многих зависящих друг от друга факторов до настоящего времени не позволили создать единую общепризнанную электротехнологическую методику расчета параметров РВП. При рассмотрении проблемы превалирует эмпирический подход, основанный на количественно взаимосвязанных критериях геометрического, электрического и технологического подобия электропечей. Поэтому существующие методы перерасчетов параметров РВП не позволяют даже приблизительно производить оценку изменения параметров работы агрегатов в нестандартных режимах при переводе конкретных электропечей из номинального режима в квазистационарный режим с пониженной мощностью. Этот перевод сопровождается вынужденной работой РВП в течение длительного времени в нестационарных режимах со значительными отклонениями от нормального “хода” плавки. Нестационарные режимы работы фактически не рассматривались в теории и практике эксплуатации РВП.

Производство продукции в современных рудовосстановительных электропечах (РВП) основано на комплексных электротехнологических процессах, которые определяются нелинейными взаимосвязями электрических, термодинамических, химических, газо- и гидродинамических параметров, самоустанавливающихся в рабочем пространстве электропечей. Сложность протекания взаимосвязанных процессов определило развитие теории РВП на основе критериев подобия, которые позволяют провести перерасчет параметров оптимальных квазистационарных режимов с номинальной мощностью “образцовой” электропечи для электропечей большей мощности с определением номинальных электрических параметров квазистационарного режима и, что особенно важно, новых геометрических размеров рабочего пространства и электродов для осуществления этих режимов. В теории РВП понятие “оптимальные режимы” неразрывно связано с геометрическими параметрами конкретного рабочего пространства электропечи, а работающая в оптимальных номинальных режимах электропечь при конкретных конструктивных решениях (диаметр электродов, диаметр распада электродов, диаметр и высота электропечи и др.) при снижении вводимой мощности обеспечивает режимы работы, отличающиеся от рассчитанных по теории подобия РВП, так как геометрическое и технологическое подобие гарантированно нарушается.

Для разработки методов длительной эксплуатации РВП в режимах, существенно отличающихся от номинальных с сохранением нормального хода технологического процесса, были проведены исследования нестационарных режимов на промышленных электропечах изменений энергораспределений между различными областями рабочего пространства РВП. Эти изменения определяются электрическими и тепловыми процессами и, следовательно, объемнораспределенными активными и реактивными сопротивлениями этих

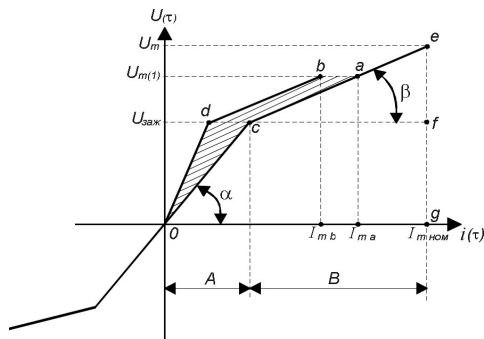
областей. При анализе нестационарных режимов работы РВП установлено, что при снижении вводимой мощности происходят изменения электрических, тепловых и технологических процессов, которые включают последовательные периоды по времени протекания с существенно различающимися постоянными времени протекания процессов, определяющих эти периоды режима. Установлены следующие закономерности развития указанных процессов [1, 2]:

1. Для обеспечения нормального хода технологического процесса при любых мощностях необходимо существование самоподдерживающихся газоплазменных подэлектродных областей (закрытой теплоизолированной дуги). При снижении вводимой мощности в подэлектродное пространство уменьшается объем газоплазменной полости с сохранением геометрического подобия, идентичности состава газовой среды, постоянства температуры с последующим самоустанавливающимся квазиравенством объемных плотностей энергии в газоплазменной полости за счет изменения ее объема. В номинальном режиме, когда обеспечивается соотношение $U_{\text{пол}} = CP^n$ при $n = 0,33$ (для выплавки FeSi), напряжение на дуге прямо пропорционально току в узком интервале параметров, когда обеспечивается электрическое, геометрическое и температурно–технологическое подобие. Для этого интервала параметров справедлива гипотеза М.Я. Смелянского и А.Н. Попова о постоянстве сопротивления дуги R_d для большинства восстановительных технологий [1]. При снижении или увеличении вводимой мощности в период неустановившихся (переходных) режимов значение n изменяется от 0,25 до 0,5, C – от 0,5 до 0,25. Форма и геометрические размеры проводящих зон (l_p, d, a на рис. 1) в переходных режимах меняются так, чтобы значения n и C восстанавливались до величин $n = 0,33$ и $C = 0,47...0,49$. Отличие n и C от этих значений указывает на неустойчивость и отличие от оптимальности протекающих процессов.

2. Сопротивление дуги шунтируется стенками реакционного тигля (R_p) и шихтой между электродами и стенкой проводящей футеровки ($R_{ш}$ и $R_{см}$). При снижении мощности сопротивление реакционного тигля (R_p) в нестационарных режимах становится основным шунтирующим каналом. Анализ этой области основывался на известных расчетно–теоретических результатах исследований [1]: температура в рабочей части тигля для любого рудовосстановительного процесса оптимальна, постоянна и самоподдерживается; любое уменьшение (или увеличение) поступающей в эту область энергии компенсируется изменением скоростей эндотермических реакций восстановления. При изменениях вводимой в эту область энергии за счет токов проводимости (джоулев нагрев) и теплообмена с газоплазменной полостью самоподдерживается квазистационарный температурный режим с одновременным изменением геометрических размеров реакционного тигля (см. рис. 1) за счет диаметра d , радиальной протяженности

слоя a и расстояния между торцом электрода и расплавом (длина дуги l_d). Для квазистационарного (номинального) режима сопротивление этой области зависит от 5 параметров: $R_T = f[\rho(T), n, W, I, S]$, где $\rho(T)$ - локальное удельное электрическое сопротивление слоя, n - кратность шлака, W - удельный расход электроэнергии на тонну металлического продукта, I - рабочий ток, S - площадь токонесущего слоя стенок тигля, T - температура в слое. В динамических режимах кроме указанных параметров сопротивление реакционного тигля R_T определяется плотностью энергии, поступающей из газоплазменной полости на внутреннюю поверхность тигля q_s , а площадь токонесущего слоя стенок тигля зависит от изменения d, a, l_d . Изменение по времени $R_T = f(\tau)$ определяется изменением температурного поля; постоянная времени изменения процесса $\tau > 600$ с. Эта область является определяющей для производительности РВП, самоподдерживает оптимальные технологические температуры, а нормальный ход технологического процесса возможен при $q_s \gg 0$.

3. Используя методологический подход Н.А. Маркова и В.П. Воробьева, обработка экспериментальных результатов показала, что в квазиустановившихся режимах работы исследованных электропечей формы кривых общего тока и напряжения в электрической цепи, содержащей дугу (R_d) и активные линейные сопротивления R_T, R_{III}, R_{cm} , являются суммами характерных форм тока и напряжения дуги [2], а формализованная динамическая вольтамперная характеристика (ВАХ) состоит из двух линейных участков (рис. 1). Для номинального режима (ВАХ – точки [o], [c], [e]) участок A характеризует протекание тока через эквивалентное сопротивление R_Σ , которое определяется по выражению $1/R_\Sigma = 1/R_T + K_1/R_d + K_2/R_b$, а участок B – протекание тока через дугу (R_d) и сопротивление R_Σ . Углы наклона этих участков (α и β) зависят от проводимости $1/R_\Sigma$ (α) и суммы проводимостей $1/R_d$ и $1/R_\Sigma$ (β), а форма тока – от отношения сопротивлений R_d/R_Σ .



В начальный период уменьшения вводимой мощности путем снижения напряжения от U_m до $U_{m(l)}$ температурное поле в реакционном пространстве из-

за инерционности не изменяется, напряжение зажигания теплоизолированной дуги ($U_{зж}$) близко к квазипостоянной величине. В момент переключения динамическая ВАХ сохраняет свои параметры и устанавливается ток, соответствующий точке $[a]$ - I_{ma} . При неизменной длине дуги (l_0) в течении времени не установившихся

режимов за счет изменения температурного поля эквивалентное сопротивление R_z увеличивается (заштрихованная область на рис. 1), координата точки $[c]$ перемещается в точку $[d]$, а амплитудное значение тока уменьшается до I_{mb} . При уменьшении длины дуги (поддержание тока I_{ma} автоматическим регулятором) динамическая ВАХ имеет вид $[o]$, $[d]$, $[a]$. Время перехода из одного квазистационарного режима ($P = P_{ном}$) к другому ($P = 0,75 P_{ном}$) для электропечи РКЗ-21 составляет $\tau \approx 600$ с, для электропечи РПЗ-63 – $\tau \approx 1000$ с. Продолжительность неустойчивого режима определялась при проведении экспериментов по изменению образующихся продуктов (производительности) и по изменению состава и температуры отходящих газов.

4. Необходимое качество получаемых продуктов при максимуме производительности обеспечивается в РВП при постоянстве критериев электрического и технологического подобия процессов.

$$\partial n = \frac{U_{max} \cdot d}{I \cdot S_{cp}} = F \left[T_{II}^m \left(\frac{\gamma_k}{\gamma} \right)^{m_2} \left(\frac{d}{r_0} \right)^{m_3} \right] = const, \quad (1)$$

$$U_{\text{нз}} = C \cdot \mathcal{E}^n; \quad T_{II} = \beta \cdot q_{\text{коксик}} \cdot C_{\text{MeO}} \cdot r_0 / P.$$

Анализ (1) показывает, что для действующей РВП при изменении мощности P в переходном режиме и в последующем – квазиустановившемся, необходимо изменять соотношения составляющих шихты: C_{MeO} – состав шихты в реакционной зоне (содержание MeO в шихте), $q_{\text{коксик}}$ – расход электроэнергии на единицу массы коксика, участвующего в эндотермической реакции с учетом теплосодержания покидающих зону компонентов (производительности печи). При этом необходимо обеспечивать постоянство плотности упаковки коксика в реакционной зоне (γ_k / γ), скорости реакции восстановления в реакционном тигле $\left[\beta = f(T_{\text{реакц}}) \right]$, гранулометрического состава шихты (r_0) [1].

Выполненные обобщенные исследования фактических и возможных режимов эксплуатации РВП в периоды времени, включающие ограничения потребляемых мощностей, показали, что снижение потребляемой мощности предприятиями с РВП при ограничениях энергопотребления может производиться различными способами: отключение одной или нескольких печей на весь период ограничений, поочередное отключение печей на незначительные периоды времени, частичное снижение мощности

печи или группы печей на весь период ограничений. Каждый из этих способов сопровождается различным развитием нестационарных режимов, обеспечивающих безаварийный уровень эксплуатации оборудования.

Для выявления фактических режимов ограничения потребляемых мощностей рассмотрены РВП как коллективные, так и как индивидуальные потребители энергии; проведен расчетно-статистический анализ производственно-технологических документов за пять лет эксплуатации электропечей типа РКЗ-21 и РПЗ-63 на трех крупнейших ферросплавных заводах. В результате установлено, что:

1. Режимы энергопотребления предприятий с РВП характеризуются равномерностью с коэффициентом заполнения графиков нагрузок $0,84 \dots 0,96$; это достигается за счет сдвига во времени технологических процессов различных электропечей и поддержания коэффициента одновременности максимумов потребления энергии различными печами в пределах $0,91 \dots 0,96$.

2. Индивидуальные суточные технологические графики потребления энергии одной печи характеризуются изменениями от $+5\%$ до -15% относительно номинальных значений; коэффициенты заполнения их графиков равны $0,72 \dots 0,98$; основными причинами отклонений режимов РВП от номинальных являются: изменение параметров рабочего пространства во времени от выпуска до выпуска расплава, изменение качества составляющих шихтовой смеси, аварийные кратковременные отключения электропечей.

3. Среднесуточные нагрузки и максимальные утренние и вечерние нагрузки в графиках электрических нагрузок предприятий с РВП имеют тесную корреляционную взаимосвязь ($k_r \geq 0,5$); при этом максимальные нагрузки превосходят значения средних нагрузок не более чем на 10% .

Разработаны рекомендации для создания многокритериальной математической модели, состоящей из двух многофункционально связанных между собой структур – пространства параметров с областью, внутри которой выполняются все требования к показателям качества, производительности и удельного расхода электроэнергии, и пространства критериев с областью, ограниченной требованиями безаварийной эксплуатации оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хацевский В.Ф. Экспериментальные исследования нестационарных режимов работы рудовосстановительных электропечей. //Научный вестник НГТУ. – 2002. – № 1 (12), Новосибирск. – С. 141-150.

2. Чередниченко В.С., Хацевский В.Ф. Проблемы ресурсосбережения при эксплуатации рудовосстановительных электропечей. //Сб. науч. трудов НГТУ “Экологически перспективные системы и технологии. Ресурсосбережение”. – 2004. – Вып. 5. – С. 74-86.

Түйіндеме

Осы жұмыста руданы қалыңға келтіретін аса қуатты электр пештерін пайдалану сипаттамаларының тиімділік проблемаларының шешімі қарастырылған және іс жүзіндегі практикаға арналған ұсыныстар берілген.

Resume

The deciding of a problem of the operational descriptions optimization of super power ore reducing electric furnaces is considered and recommended for real practice are given in this paper.

УДК

THE ANALYSIS OF ELECTRICAL PARAMETERS OF INDUCTION ELECTROMAGNETIC SYSTEM WITH FERROMAGNETIC SCREENS**A.P. Kislov, A.N. Berguzinov, S.I. Igonin***PSU named after S. Toraighyrov*

System calculation of inductor load within work load in the inner inductor cavity is considered (Weinberg A.M. Induction Smelting furnace) in detail, on the strength of which is developed and widely used available engineer calculation method precisely meeting requirements. In a number of scientific works some investigations and calculation method of induction heat with magnetwire system are held. In addition the stated calculations do not reflect magnetic circuit influence on energetic properties in the system, that does not let hold an analysis of energetic properties in the heat system. In the mentioned works the availability of external magnetic circuit is taken into account only by accepting position, that magnetwire concentrates the distribution of magnetic circuit and incidentally the magnetic circuit losses are ignored. In reality magnetwire introduction into the heat system under some conditions influence the energetic correlation and electrical parameters of the heat system.

To clarify this influence it required me to determine the degree of inductor correlation and load with magnetwire depending on geometrical correlation in the heat system. For quantitative characteristics of this influence an experimental investigation work of electrical steel properties was held, which is magnetwire made from. For characteristics of available loads on magnetwire packet certain specific losses were determined in electrotechnical steel and specific magnet active and reactive resistance of this steel .

The calculation of induction electrical magnet system, magnetwire inductor load.

Let us consider stretch of long multy winding inductor, inside which the load is put, and on the external side of inductor packets of magnetwire made of electrical steel are situated (fig. 1), making away for magnetic flux inductor with less magnetic resistance.

Fig. 1

The sum for voltage, applied to the inductor, is defined as a balancing inductivity by the magnetic field of electro-motive force and voltage falling on its active inductor resistance.

$$\dot{U} = \dot{I}r_{\dot{e}} + \dot{A} \quad (1)$$

If we take the initial phase of inductor current equal to 0, all quantities in the phase with it can be written in a non-complex form.

The quantity of electro-motive force is spent on conducting of magnetic flow in the loan the inductor, the magnetwire and the air clearance between the loan and the inductor, the inductor and the magnetwire.

The magnit flow goes between the loan and the inductor, in the clearance between the inductor and the magneticwire, the magnetic flow goes in the loan.

The total sum of the magnetic flow equals to:

$$\hat{O} = F_{\dot{e}} \sum_{i=1}^n q_i \quad (2)$$

From this formula follows that under analysis of flowspreading between the magnetwire and the inductor one cannot speak but of mentioned conductivity.

Determining the total sum of conductivity for different ways of the magnetic flon we can differ two tasks:

1. The two-measument task of determining of area conductivity of magnet flow paths.

2. The task of calculation mentioned madnet conductivity which are necessary for determining of complete mentioned conductivity.

Let us consider these two consequent tasks.

The Field in a circular air gap between inductor and magnetwire can be considered plane-parallel. Conductivity of an air gap will be defined as:

$$q_{um} = \mu_0 S_{um} = \mu_0 \pi \frac{d_M^2 - d_{um}^2}{4}, \quad (3)$$

where S_{um} - means the area of an air gap.

The size of magnetizing force for conduction of the magnetic flow through the air gap and the size of magnetic flow are equal to:

$$\dot{F}_{um} = \frac{\dot{\Phi}_{um}}{q_{um}} \quad (4)$$

$$\dot{\Phi}_{um} = \dot{F}_{um} q_{um} \quad (5)$$

By analogy with the circular air gap between the inductor and loading:

$$q_{zu} = \mu_0 S_{zu} = \mu_0 \pi \frac{d_{u6}^2 - d_3^2}{4} \quad (6)$$

$$\dot{F}_{zu} = \frac{\dot{\Phi}_{zu}}{q_{zu}} \quad \dot{\Phi}_{zu} = \dot{F}_{zu} q_{zu} \quad (7)$$

Conductivity and size of the magnetic flow, passing within the loading will be defined according to the following formula:

$$q_3 = x_3 - jr_3 \quad (8)$$

$$\dot{F}_3 = \frac{\hat{O}_3}{q_3}; \quad \hat{O}_3 = \dot{F}_3 q_3 \quad (9)$$

Magnetic conductivity and size of the magnetic flow, passing within the magnetwire are expressed:

$$\dot{F}_3 = \frac{\dot{\Phi}_3}{q_3}; \quad \dot{\Phi}_3 = \dot{F}_3 q_3 \quad (10)$$

$$\dot{q}_m = \frac{1}{\dot{z}_m} = \frac{1}{\dot{\rho}_z} \cdot S_m = \frac{\pi(d_m^2 - d^2)}{\dot{\rho}_z}, \quad (11)$$

where $\rho_z = \frac{\dot{H}}{\dot{B}}$ - means complex specific magnetic resistance of electro technical steel;

\dot{H}, \dot{B} - mean Intensity of the magnetic field and induction in the packet of the magnetwire.

It is evident that for this magnetic system it's possible to write down:

$$\dot{\Phi}_{\text{иМ}} + \dot{\Phi}_{\text{М}} = \dot{\Phi}_{\text{зИ}} + \dot{\Phi}_{\text{з}} = \dot{\Phi}_{\text{У}}$$

Using the law of full current and the first Kirchof's law for the magnetic circuit one can get the second equation of the next system:

$$\begin{aligned} \dot{\Phi}_{\text{иМ}} + \dot{\Phi}_{\text{М}} &= \dot{\Phi}_{\text{зИ}} + \dot{\Phi}_{\text{з}} = \dot{\Phi}_{\text{У}} \\ F_{\text{У}} = F_{\text{иМ}} = F_{\text{зИ}} = \dot{F}_{\text{з}} = F_{\text{М}} \end{aligned} \quad (12)$$

As it was noticed, external magnet flow of inductor divides into parts so that sum of $\Phi_{\text{иМ}} + \Phi_{\text{М}}$ is equivalent to total flow

$$\dot{\Phi}_{\text{иМ}} + \dot{\Phi}_{\text{М}} = \dot{\Phi}_{\text{У}}$$

Going on to the writing of this equation in relative digits, we shall have:

$$\frac{\Phi_{\text{иМ}}}{\Phi_{\text{У}}} + \frac{\Phi_{\text{М}}}{\Phi_{\text{У}}} = 1$$

For the further solution of the system (12) the second member of this expression we shall notice as and call as coefficient of interaction of inductor and magnet wire:

$$\frac{\hat{O}_{\text{и}}}{\hat{O}_{\text{е}}} = \gamma \quad (13)$$

Solving the system of equation (12), using (3), (7), (9), (11) and taking attention that $F_{\text{У}} = jW_{\text{У}}$, we determine strain of magnet field in the hole between inductor and charging:

$$\dot{H}_{\text{зИ}} = jW_{1,0} \frac{x_{\text{иМ}} + x_{\text{М1,0}} - jr_{\text{М1,0}}}{x_{\text{зИ}} + x_{\text{иМ}} + x_{\text{з1,0}} + x_{\text{М1,0}} - j(r_{\text{з1,0}} + r_{\text{М1,0}})} = jW_{1,0} / \dot{B}_{\text{зИ}} \quad (14)$$

Analogously we shall have strain of magnet field in the hole between magnet wire and inductor:

$$\dot{H}_{\text{иМ}} = jW_{1,0} \frac{x_{\text{зИ}} + x_{\text{з1,0}} - jr_{\text{з1,0}}}{x_{\text{зИ}} + x_{\text{иМ}} + x_{\text{з1,0}} + x_{\text{М1,0}} - j(r_{\text{з1,0}} + r_{\text{М1,0}})} = jW_{1,0} / \dot{B}_{\text{иМ}} \quad (15)$$

In (14) and (15) $\dot{B}_{\text{зИ}}$ and $\dot{B}_{\text{иМ}}$ - coefficients of influence of magnet wire and charging on inductor by ferromagnet screening.

Using these expressions and mentioning that by the law of electromagnet induction

$$E = -j\omega W \frac{\hat{O}}{\sqrt{2}}, \quad (16)$$

we shall have:

$$\dot{U}_u = j \left\{ (r_u + r_s w_u^2 |\dot{B}_{zu}|^2 + \rho_x \frac{1}{S_x} w_u^2 |\dot{B}_{zu}|^2) + j \left[x_u - (x'_s - x_{s,1,0}) w_u^2 |\dot{B}_{zu}|^2 - (x'_u - x_{u,1,0}) w_u^2 |\dot{B}_{zu}|^2 \right] \right\} \quad (17)$$

where $\delta_{\dot{\epsilon}} = \frac{\mu_0 \pi}{4} d_{\dot{\epsilon}}^2 w_{\dot{\epsilon}}^2 \omega$ - is the reactive resistance of inductor;

$\delta'_i = \frac{\mu_0 \pi}{4} d_i^2 \omega$ - is the reactive resistance of equivalent cylinder with the diameter d_m ,

$\delta'_i = \frac{\mu_0 \pi}{4} d_c^2 \omega$ - is the reactive resistance of equivalent cylinder with the diameter d_s ;

ρ_{δ} - is the specific magnet resistance of electrical steel, which determines it's absorbing properties;

ρ_K - is the specific active magnet resistance of electrical steel, which determines it's magnet conductivity.

Therefore we shall express the sizes of active and reactive power in the charging of digit's length of boiling system.

$$P_s = (JW_{1,0})^2 |\dot{B}_{zu}|^2 r_s = 6,2 \cdot 10^{-6} (JW_{1,0})^2 |\dot{B}_{zu}|^2 d_s l_s \sqrt{\rho_s \mu_s} f F_{oy} K_s^2 \quad (18)$$

$$P_{sq} = (JW_{1,0})^2 |\dot{B}_{zu}|^2 x_s = 6,2 \cdot 10^{-6} (JW_{1,0})^2 |\dot{B}_{zu}|^2 d_s l_s \sqrt{\rho_s \mu_s} f G_{oy} K_s^2 \quad (19)$$

Some amount of ampercoils of inductor will determine with the discount of the final length of inductor:

$$(JW_{1,0}) = \frac{10^3}{|\dot{B}_{zu}| K_s} \sqrt{\frac{P_s}{6,2 d_s l_s \sqrt{\rho_s \mu_s} f F_{oy}}} \quad (20)$$

The Received expressions let us to solve the task of powers account, which detach in the charging and inductor of thrice element system of heating and determine the specific magnetivepower of inductor for this case.

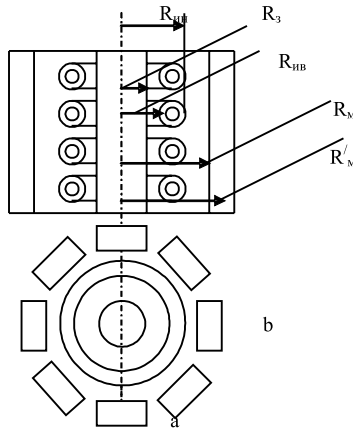


Fig. 1

Түйіндеме

Үш элементті қыздыру жүйелердің қуатын есептеу нәтижелері табылған.

Резюме

Получены выражения для решения задачи расчета мощностей, выделяющихся в загрузке и индукторе трехэлементной системы нагрева.

УДК 621.313.13

MATHEMATICAL MODELING APPROACH OF MAGNET FLUX OF THE END SHIELD OF THE TURBO-GENERATOR

V. Polichshuk

Ekibastuz engineering technical institute, Ekibastuz

I. Foreword. Design of new kind of synch turbo-generator protection systems off internal electric faults is most perspective on transducers principled on measuring magnet asymmetry of machine [1,2]. Such systems are possessing, a high-level sensitivity performance and due to its design specs indifferent to Power Supply grid's asymmetry [3]. Developing design of these transducers, for instance induction ones, is founded on a magnet fields simulating in an end area

of synchronous machine if transducers are installed inside, or magnet fluxes for case of outer installation.

Distribution of magnet field at the end area of generator is defined by both magnitude and shape of electromotive force in the inductance transducers output. That's why there's an urgently need for simple and reliable method to be created to simulate a magnet fields and flux at the, respectively, end area and end shield based on pre-known stator and rotor currents at its emergency modes.

II. The problem formulating. Magnet field at the end area's of synchronous generator is caused by currents in slot's winding parts of stator and rotor and as well as the gap along with configuration of ferromagnetic assemblies. Its relevant simulation for any operational of generator mode is not that trivial to implement. The simulating approach [4] is founding the method of computation having been taken into account of design specific only for turbo-generators. Scheme of which way magnet fluxes in ferromagnetic assemblies of the end area are being distributed through taking info account on the turbo-generator specific design is shown in Fig.1.

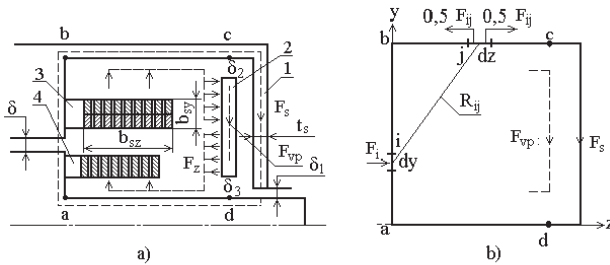


Fig. 1. Scheme for computation

Where 1 – end shield; 2 – ventilating passage wall; 3 and 4 – cut view of stator and rotor's coils.

First of mentioned walls is of air passage one. Just this one is being used along computation of the all stator, rotor and gap magnetic fields at the end area.

Its top edges are close to cover surface in δ_2 (point \tilde{n}) at the bottom to shaft in

δ_3 (point d). For this a reason it's assumed that is through one a magnet flux

F_{vp} is looped up and caused by a magnet fluxes F_z throughout its internal surface. There's no any need to estimate a magnet flux F_{vp} for those wall while no one inductance transducer installed on it.

Second surface is determined by an end shield. This surface is ignored as a non-significant factor in the magnet field of end area computation as it's shielded off by air passage wall. It's tightly and closely jointed to cover-box, factually with

no gap between but with gap the δ_1 to generator's shaft.

This is admitted that just through this one the magnet flux F_s caused by magnet fluxes throughout three rested walls of prismatic passage.

III. Outputs. The process of F_s simulating was going on the way. In accordance with boundary conditions [4] tangent part of the stator/rotor magnet field

B_1^τ and B_f^τ onto any of boundary plains is equal to zero. So the magnet fields crossing the wall have to be defined only through a normal of B_1^n and B_f^τ . In regard to Fig.1,a B_{y1} and B_{yf} is assigned by walls $b-c$ and $a-d$ when B_{z1} and B_f assigned by $a-b$.

Curves (—) and (---) for normal part of the magnet inductance B_{y1} , B_{yf} distribution over boundary edges in the end area of synchronous turbo-generator TBB-500-2EY3 computed for nominal loads are shown in Fig.2,a.

Due to these both $B_1^n = f(l)$ and $B_f^n = f(l)$ are a known entities so the distribution of magnet fluxes of this along boundary surfaces can be simulated having computation chart shown in Fig.1,b and using next admittances:

a) There're as neglected: magnet field magnitude change in ferromagnetic assemblies as well as gap δ and δ_3 .

b) The magnet flux value of i -th element through j -th one (F_{ij}) is assumed linearly related to magnet flux F_i of i -th element and appositively related to gap R_{ij} between i -th and j -th elements.

c) Parts of full magnet flux F_{ij} around a looped path along boundary surfaces and counter-clockwise are equal in its amounts. Positive direction when magnet fluxes are being summed is assigned for this cause as a clockwise.

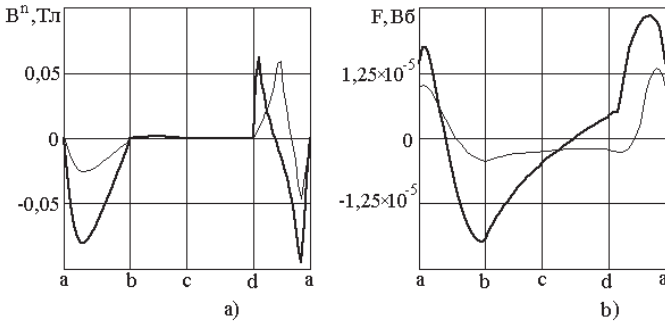


Fig.2. Magnet inductance distribution for stator/rotor coils of TBB-500-2EY3 over the surface of ferromagnetic walls at an end area – (a); and magnet fluxes over walls' surfaces – (b)

Simulation of magnet fluxes along the ferromagnetic assemblies' surface is to be done in next consequence. For first, in connection to Fig.1 ferromagnetic surfaces along a contour running there are to be split on elementary spots having its dimensions as $\Delta y \times b_{en}$ and $\Delta z \times b_{en}$. Where b_{en} is a square along x . Then have to be defined its coordinates (y_i, z_i) and gap R_{ij} with given an end area between them as:

$$R_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$$

Then it's possible to find designed distance between i -th and all of j -th elements.

$$R_s = \frac{1}{\sum_j \frac{1}{R_{ij}}}$$

followed by defining of the part of magnet flux F_i through j -th element

$$F_{ij} = \frac{F_i R_{si}}{R_{ij}}$$

Magnet flux along i -th elementary spot is to be defined as a sum of fluxes F_{ij} in within its boundaries. Curves (—) and (---) are referred to computed distribution of magnet fluxes for stator/rotor coils along boundary surfaces of the generator TBB-500-2EY3, where F_s - magnet flux at the end shield is going on over section $c - d$ on those curve.

The field at the end shield currents in wires located in stator's slot of stator/rotor is to be simulated having already known the distribution of magnet inductance in gap of turbo-generator. It is assumed, that a growing downward magnet potential in ferromagnetic assemblies of end areas is equal to zero. From said for magnet link "a"-"d" shown in 1, a the magnet potential on main harmonica is

$$U_{ad} = H_{\delta} \delta = H_{\delta 1} \delta_1$$

In the place of sealing

$$H_{\delta 1} = H_{\delta} \delta / \delta_1 \text{ and } B_{\delta 1} = \mu_0 H_{\delta 1} \quad (1)$$

and magnet flux

$$F_s = B_{\delta 1} b_{cn} t_s \quad (2)$$

The magnet flux in location of an end shield out of B_{δ} mostly depends upon δ_1 .

Definition of its values is complicated the reason that is a significant part of F_s in sealing zone which is looped through across an air as well as across outer side of the end shield. That's why in bid to simplify a computation process this's assumed to get $\delta_1 = (0.05 \dots 0.2) \delta$ as experiments proved as relevant.

Tests had been carried out on synchronous turbo-generator TBB-500-2EY3 under load full operational mode. Magnet flux close to sealing had been instrumentally measured by means of inductance transducer with no core in when at the shield it was measured with Π -shaped core. Relative error had been in 20% range.

IV. Conclusions. Proposed method to simulate magnet fluxes in ferromagnetic assemblies of the end area of synchronous turbo-generator is appeared to be very easy to implement which give an opportunity to gather data regarding to a place of installation and estimate parameters of inductance transducers mounted upon an end shield. Method's accuracy doesn't exceed 20 % that's always complying to relaying rules and docs.

LITERATURE

1. Патент №3040 (KZ). Способ защиты синхронной электрической машины от виткового замыкания. Новожилов А.Н., Полищук В.И.// Официальный бюллетень. Пром. собственность. 1996, №1.

2. Патент №21247 (KZ). Способ защиты синхронной электрической машины от витковых и двойных на землю замыканий в обмотке ротора. Новожилов А.Н., Полищук В.И.// Официальный бюллетень Пром. собственность. 2009.- №5.

3. Новожилов А.Н., Полищук В.И., Новожилов Т.А. Способ защиты от витковых замыканий в обмотке ротора синхронного генератора.// Вестник ПГУ, серия Энергетическая. - 2007. - №2. – с 53ч59

4. Новожилов А.Н., Кислов А.П. Магнитное поле вала асинхронного двигателя.// Электротехника, 2001, №10.

Түйіндеме

Турбогенератордың түп бетіндегі магнит ағындарын модельдеу әдісі ұсынылды. Әдістеме қарапайым, сенімді және синхронды турбогенератордың пайдалану және авариялық жұмыс режимдерінде реле қорғауна келісімді нақтылықпен түп бетіндегі магнит ағындарын модельдеуге мүмкіндік тудырады.

Резюме

Предложен простой метод моделирования магнитных потоков в торцевом щите турбогенератора. Методика проста, надежна и дает возможность, с приемлемой для релейной защиты точностью, моделировать магнитные потоки торцевого щита синхронного турбогенератора в эксплуатационных и аварийных режимах работы.

НАШИ АВТОРЫ

Ахметбаев Даурен Садыкович - к.т.н., профессор, директор РГКП Международный центр подготовки и преподавания кадров технических и обслуживанию труда для топливно энергетических отраслей.

Ахметов Жанболат Елемесович – соискатель, старший преподаватель, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Батырбеков Дулат Кадырович - к.т.н., Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы.

Бекенов Тасыбек Нусупбекович – д.т.н., профессор, кафедра «Транспортная техника и логистика», Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Бороденко В.А. - Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Глок К.С. - Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Гоенко Татьяна Владимировна - к.т.н., доцент кафедры автоматизации и управления, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Горюнов В.Н. - Омский государственный технический университет, г. Омск.

Жайлаубаев Ж.Д. - к.т.н., Семейский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт переработки сельскохозяйственной продукции».

Захарова Е.И. - Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Захаров И.В. - Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Исенов Султанбек Сансызбаевич – к.т.н., доцент кафедры, «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Искаков Кайрат Муратович - старший преподаватель кафедры «Транспортное строительство и профессиональное обучение», Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Исупова Н.А. – магистр, Павлодарский государственный университет им. С.Торайгырова.

Кислов Александр Петрович - к.т.н., доцент, директор Института энергетики и автоматизации.

Клецель М.Я. - Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Мартышева Ю.О. - Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Масакбаев Талгат Бауржанович – магистрант кафедры автоматизации и управления, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Мендыбаев Сергазы Амергалиевич – к.т.н., профессор кафедры автоматизации и управления Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Науман О.А. - Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Новожилов А.Н. – д.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет им. С.Торайгырова.

Павлюковский Ю.В. - Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Полищук Владимир Иосифович – к.т.н., заведующий кафедры «Электроэнергетика», Экибастузский инженерно-технический институт им. академика К. Сатпаева.

Саканов Куаныдк Темирович - к.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Транспортное строительство и профессиональное обучение», Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Сальников Василий Герасимович – д.т.н., профессор кафедры электротехники и электрических станций, Новосибирская академия водного транспорта, Россия.

Утегулов Болатбек Бахитжанович– д.т.н., профессор, кафедры «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Хацевский Владимир Филатович - д.т.н., профессор, заведующий кафедрой автоматизации и управления, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Хацевский Константин Владимирович - к.т.н., доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», Омский государственный технический университет, г. Омск.

Чередниченко Владимир Семенович - д.т.н., профессор, генеральный конструктор ОАО “Сибэлектротерм”, г. Новосибирск.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

(“Вестник ПГУ”, “Наука и техника Казахстана”,
“Өлкетану-Краеведение”)

1. В журналы принимаются рукописи статей по всем научным направлениям в 1 экземпляре, набранные на компьютере, напечатанные на одной стороне листа с полуторным межстрочным интервалом, с полями 3 см со всех сторон листа и дискета со всеми материалами в текстовом редакторе “Word 7,0 (‘97, 2000) для Windows”.

2. Общий объем рукописи, включая аннотацию, литературу, таблицы и рисунки, не должен превышать **8-10 страниц**.

3. Статья должна сопровождаться рецензией доктора или кандидата наук для авторов, не имеющих ученой степени.

4. Статьи должны быть оформлены в строгом соответствии со следующими правилами: - УДК по таблицам универсальной десятичной классификации;

- название статьи: кегль -14 пунктов, гарнитура - **Times New Roman Cyr** (для русского, английского и немецкого языков), **KZ Times New Roman** (для казахского языка), заглавные, жирные, абзац центrovанный;

- инициалы и фамилия(-и) автора(-ов), полное название учреждения: кегль - 12 пунктов, гарнитура - Arial (для русского, английского и немецкого языков), **KZ Arial** (для казахского языка), абзац центrovанный;

- аннотация на казахском, русском и английском языках: кегль - 10 пунктов, гарнитура - Times New Roman (для русского, английского и немецкого языков), **KZ Times New Roman** (для казахского языка), курсив, отступ слева-справа - 1 см, одинарный межстрочный интервал;

- текст статьи: кегль - 12 пунктов, гарнитура - Times New Roman (для русского, английского и немецкого языков), **KZ Times New Roman** (для казахского языка), полуторный межстрочный интервал;

- список использованной литературы (ссылки и примечания в рукописи обозначаются сквозной нумерацией и заключаются в квадратные скобки). Список литературы должен быть оформлен в соответствии с ГОСТ 7.1-84.-
например:

ЛИТЕРАТУРА

1. Автор. Название статьи // Название журнала. Год издания. Том (например, Т.26.) номер (например, № 3.) страница (например С. 34. или С. 15-24.)

2. Андреева С.А. Название книги. Место издания (например, М.:) Издательство (например, Наука,) год издания. Общее число страниц в книге (например, 239 с.) или конкретная страница (например, С. 67.)

На отдельной странице (в бумажном и электронном варианте) приводятся сведения об авторе: - Ф.И.О. полностью, ученая степень и ученое звание, место работы (для публикации в разделе “Наши авторы”);

- полные почтовые адреса, номера служебного и домашнего телефонов, E-mail (для связи редакции с авторами, не публикуются);

- название статьи и фамилия (-и) автора(-ов) на казахском, русском и английском языках (для “Содержания”).

4. Иллюстрации. Перечень рисунков и подписанные надписи к ним представляют по тексту статьи. В электронной версии рисунки и иллюстрации представляются в формате TIF или JPG с разрешением не менее 300 dpi.

5. Математические формулы должны быть набраны как Microsoft Equation (каждая формула - один объект).

6. Автор просматривает и визирует гранки статьи и несет ответственность за содержание статьи.

7. Редакция не занимается литературной и стилистической обработкой статьи. Рукописи и дискеты не возвращаются. Статьи, оформленные с нарушением требований, к публикации не принимаются и возвращаются авторам.

8. Рукопись и дискету с материалами следует направлять по адресу:

140008, Республика Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова, 64,

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова,

Издательство «КЕРЕКУ»

Тел. (8 7182) 67-36-69

E-mail: publish@psu.kz



Теруге 20.03.2010ж. жіберілді. Басуға 30.03.2010 ж. қол қойылды.
Форматы 70x100 1/16. Кітап-журнал қағазы.
Көлемі шартты 6,97 б.т. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген М.А. Ескожинова
Корректорлар: Б.Б. Аубакирова Б.В. Нұрғожина
Тапсырыс №1170

Сдано в набор 20.03.2010 г. Подписано в печать 30.03.2010 г.
Формат 70x100 1/16. Бумага книжно-журнальная.
Объем 6,97 ч.-изд. л. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка М.А. Ескожинова
Корректоры: Б.Б. Аубакирова, Б.В. Нургожина
Заказ №1170

«КЕРЕКУ» баспасы
С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.
67-36-69
E-mail: publish@psu.kz