

2. Пономаренко И.С. Автоматизация процессов управления эксплуатацией в системах электроснабжения городов [Текст]: учебное пособие для вузов / И.С. Пономаренко. – М.: Изд-во МЭИ, 1990. – 70 с.

3. Асанов М.С. Структурная модель вычислительных сетей Петри [Текст] / М.С. Асанов, С.М. Асанова, К.А. Сатаркулов // Известия КГТУ. – Бишкек, 2008. – №13. – С. 78-85.

4. Асанов М.С. Вычислительные компоненты, язык описания и правила функционирования вычислительных сетей Петри [Текст] / М.С. Асанов, С.М. Асанова, К.А. Сатаркулов // Известия КГТУ. – Бишкек, 2008. – №13. – С. 85-95.

References

1. Fursanov M. I. Definition and analysis of energy losses in grids of power systems / M. I. Fursanov. – MN.: UVIC under UP (Belenergoberezhnie), 2005.

2. Ponomarenko I. S. Process automation of operation control in power supply systems of cities [Text]: textbook for universities / I. S. Ponomarenko. – M.: Publishing house of MIPE, 1990. – 70 p.

3. Asanov M. S. Structural model of Petri computing nets [Text] / M. S. Asanov, S. M. Asanova, K. A. Satarkulov // Izvestiya of KSTU. – Bishkek, 2008. – No. 13. – p. 78-85.

4. Asanov M. S. Computational components, description language and rules of Petri computing nets functioning [Text] / M. S. Asanov, S. M. Asanova, A. K. Satarkulov // Izvestiya KSTU. – Bishkek, 2008. – No. 13. – p. 85-95.

УДК 331.41/43

ПОСТРОЕНИЕ ЗАМКНУТОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННОЙ МАШИНЫ С НЕПОДВИЖНОЙ СИСТЕМОЙ КООРДИНАТ

Мельничук Валерий Геннадьевич - аспирант КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира, 66, melnichuc@mail.ru

Кадыров Ишембек Кадырович - д.т.н.профессор, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира, 66, e-mail:bgtu_kg@mail.ru

Цель статьи – выбор оптимальной замкнутой системы управления преобразователь частоты – асинхронный двигатель (ПЧ-АД) в режиме пуска.

Задачи, которые ставились для решения данной цели – это построение и исследование протекающих переходных процессов в электроприводе ПЧ-АД на примере математической модели в системе MATLAB с использованием метода решения вариационных задач. Одной из задач также было использование нового метода решения системы уравнений математического описания замкнутой нелинейной системы ПЧ – АД.

Ключевые слова: система управления преобразователь частоты – асинхронный двигатель, режим пуска асинхронного двигателя, пакет прикладных программ для решения задач в области энергетики.

BUILDING A CLOSED-LOOP CONTROL SYSTEM OF THE ASYNCHRONOUS MACHINE WITH A FIXED COORDINATE SYSTEM

Melnychuk Valery G. - postgraduate student Kyrgyzstan, 720044, c.Bishkek, KSTU named after I.Razzakov, melnichuc@mail.ru

Kadyrov Ishembek - Professor, Kyrgyzstan, 720044, c.Bishkek, KSTU named after I.Razzakov e-mail: bgtu_kg@mail.ru

The purpose of this article is a choice of the optimal closed-loop control system frequency Converter – asynchronous drive (FC – AD) in start-up mode. The tasks that were set for this purpose is the construction and investigation of the leaking of transient processes in the electric drive FC – AD on the example of the mathematical model in MATLAB using the method for solving variational problems. One of the tasks was the use of a new method for solving the system of equations the mathematical description of the closed-loop nonlinear system FC – AD.

Keywords: control system frequency Converter – asynchronous drive, the starting mode of the induction motor, a software package for solving problems in the field of energy.

Известно, что в режиме пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, в системе преобразователь частоты – асинхронный двигатель (ПЧ – АД), возможны большие броски электромагнитных моментов и токов, которые могут вызывать опасные динамические нагрузки на обмотки электродвигателя. В

связи с этим возникает задача формирования плавно протекающих переходных процессов электромагнитного момента и токов в асинхронном двигателе. Для этого необходимо обеспечить задатчик интенсивности (ЗИ) замкнутой системы ПЧ – АД оптимальным законом управления при ступенчатом сигнале на входе задатчика.

Математическое описание двухфазной математической модели асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором (АКЗ), адекватно отражающее процессы, протекающие в реальной асинхронной машине, можно представить следующей системой дифференциальных уравнений [1]:

$$\begin{aligned} \frac{d\Psi_{\alpha s}}{dt} &= u_{\alpha s} - 100,56\Psi_{\alpha s} + 96,\Psi_{\alpha r}; \\ \frac{d\Psi_{\beta s}}{dt} &= u_{\beta s} - 100,56\Psi_{\beta s} + 96,\Psi_{\beta r}; \\ \frac{d\Psi_{\alpha r}}{dt} &= -75,87\Psi_{\alpha r} + 74,85\Psi_{\alpha s} + \Psi_{\beta r}\omega; \\ \frac{d\Psi_{\beta r}}{dt} &= -75,87\Psi_{\beta r} + 74,85\Psi_{\beta s} - \Psi_{\alpha r}\omega; \\ M &= 175,08(x_1x_4 - x_2x_3) \\ \frac{d\omega}{dt} &= 18,52M, \end{aligned} \quad (1)$$

где $u_{\alpha s} = \sqrt{2}U_H \cos \omega_s t$, $u_{\beta s} = -\sqrt{2}U_H \sin \omega_s t$, $M = 175,08 (\Psi_{\alpha s} \Psi_{\beta r} - \Psi_{\beta s} \Psi_{\alpha r})$, ω_s – угловая частота питающего напряжения, M – электромагнитный момент асинхронного двигателя. Переходные характеристики переменных $\omega(t)$ и $M(t)$ определяются на основе математической системы MATLAB[2]. Программа решения системы уравнений (1) в MATLAB представлена на рисунке 1.

```

1 function akz
2 - x0=[0;0;0;0;0;0];
3 - interval=[0 0.5];
4 - [T,X]=ode45(@system,interval,x0);
5 - plot(T,X(:,5),'k-','T,X(:,6),'k-')
6 - grid
7 function dx=system(t,x)
8 - dx=zeros(6,1);
9 - Mn=0;
10 - dx(1)=311*cos(314.15*t)-100.56*x(1)+97*x(3);
11 - dx(2)=-311*sin(314.15*t)-100.56*x(2)+97*x(4);
12 - dx(3)=-75.87*x(3)+74.25*x(1)+x(4)*x(5);
13 - dx(4)=-75.87*x(4)+74.25*x(2)-x(3)*x(5);
14 - dx(5)=18.52*175.08*(x(1)*x(4)-x(2)*x(3))-Mn;
15 - dx(6)=175.08*(x(4)*dx(1)+x(1)*dx(4)-x(3)*dx(2)-x(2)*dx(3));
16 - end
17 - end

```

Рисунок 1. Программа решения системы дифференциальных уравнений АКЗ

На рисунке 1: $x_1 = \Psi_{\alpha s}$, $x_2 = \Psi_{\beta s}$, $x_3 = \Psi_{\alpha r}$, $x_4 = \Psi_{\beta r}$, $x_5 = \omega$, $x_6 = M$.

Графики переходных характеристик для переменных $\omega(t)$ и $M(t)$ представлены на рисунке 2.

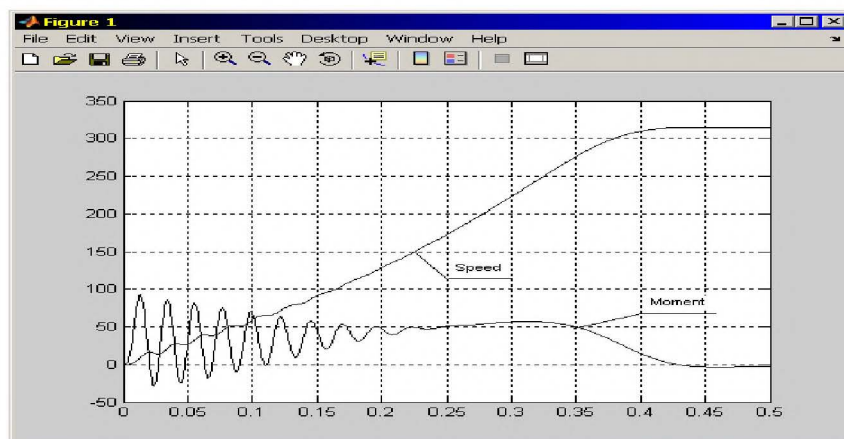


Рисунок 2. Переходные процессы переменных $\omega(t)$ и $M(t)$

С целью удобства для создания системы управления асинхронной машиной преобразуем систему уравнений (1) таким образом, чтобы напряжения $U_{\alpha s}$ и $U_{\beta s}$ имели другой вид. С применением уравнения $x'' + 314^2 x = u$, система уравнений (1) запишется в следующем виде:

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= x_2; & \frac{dx_2}{dt} &= u - 314^2 x_1; \\ \frac{dx_3}{dt} &= u - (98596x_1 - \sqrt{2} \cdot U_H) - 100,56x_3 + 96,9x_5; \\ \frac{dx_4}{dt} &= -314x_2 - 100,56x_4 + 96,9x_6; \\ \frac{dx_5}{dt} &= -75,87x_5 + 74,25x_3 + x_6x_7; \\ \frac{dx_6}{dt} &= -75,87x_6 + 74,25x_4 - x_5x_7; \\ \frac{dx_7}{dt} &= 3242,48 \cdot (x_3x_6 - x_4x_5) - M_H; \\ \frac{dx_8}{dt} &= 175,08 \cdot (x_6 \cdot dx_3 + x_3 \cdot dx_6 - x_5 \cdot dx_4 - x_4 \cdot dx_5). \end{aligned} \tag{2}$$

В системе уравнений (2): x_1 и x_2 - вспомогательные переменные,

$x_3 = \Psi_{\alpha s}$, $x_4 = \Psi_{\beta s}$, $x_5 = \Psi_{\alpha r}$, $x_6 = \Psi_{\beta r}$, $x_7 = \omega$, $x_8 = M$. Программа решения системы уравнений (2) в среде MATLAB представлена на рисунке 3.

```

1 function acd
2 x0=[0;0;0;0;0;0;0;0];
3 interval=[0 0.5];
4 [T,x]=ode113(@system,interval,x0)
5 plot(T,x(:,7),'b-',T,x(:,8),'k-')
6 grid
7 function dx=system(t,x)
8 dx=zeros(8,1);
9 u=311; Un=220;
10 dx(1)=x(2);
11 dx(2)=u-(314^2)*x(1);
12 dx(3)=(314^2)*x(1)-sqrt(2)*Un-100.56*x(3)+96.9*x(5);
13 dx(4)=-314*x(2)-100.56*x(4)+96.9*x(6);
14 dx(5)=-75.87*x(5)+74.25*x(3)+x(6)*x(7);
15 dx(6)=-75.87*x(6)+74.25*x(4)-x(5)*x(7);
16 dx(7)=3242.48*(x(3)*x(6)-x(4)*x(5));
17 dx(8)=175.08*(x(6)*dx(3)+x(3)*dx(6)-x(5)*dx(4)-x(4)*dx(5));
18 end
19 end
20
    
```

Рисунок 3. Программа решения дифференциальных уравнений динамики асинхронной машины с вспомогательными переменными x_1, x_2

Переходные процессы переменных $\omega(t)$ и $M(t)$ представлены на рисунке 4.

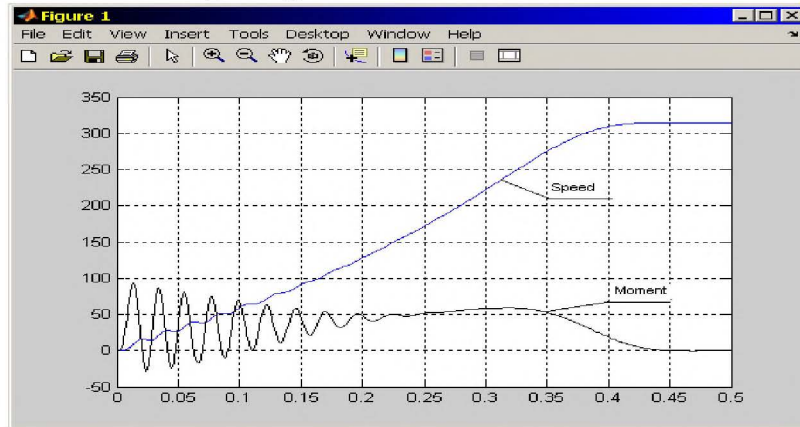


Рисунок 4. Переходные процессы переменных $\omega(t)$ и $M(t)$

Сравнивая переходные процессы переменных $\omega(t)$ и $M(t)$ представленные на рисунке 2 и на рисунке 4, можно сделать вывод об их полной идентичности.

Структурная схема асинхронной машины, составленная на основе уравнений (2), будет иметь вид (рисунок 5).

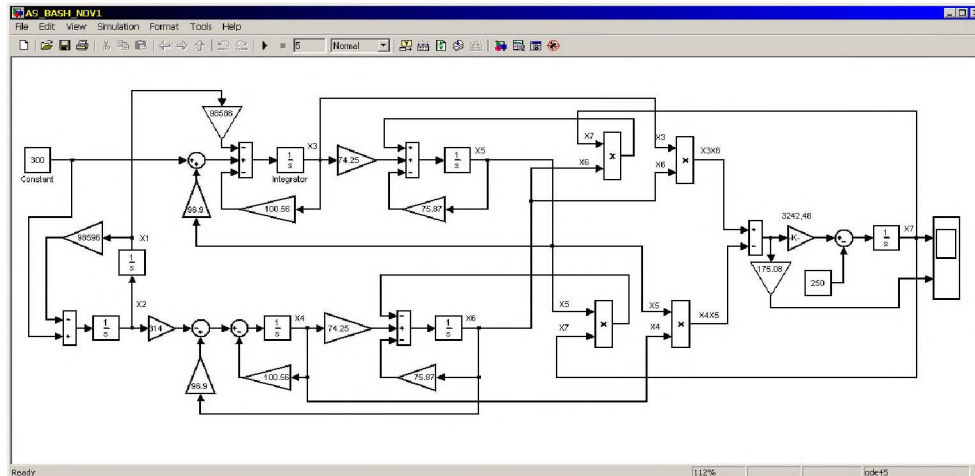


Рисунок 5. Модель АКЗ в неподвижной системе координат

Переходные процессы в АКЗ при пуске показаны на рисунке 6.

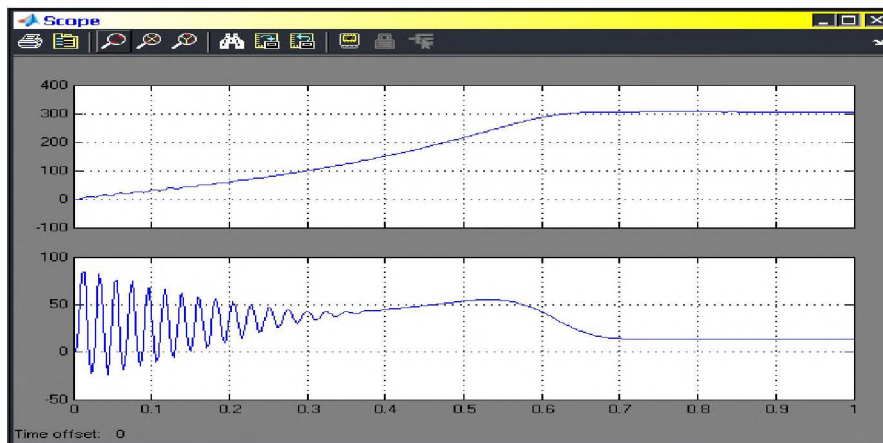


Рисунок 6. Переходные процессы в АКЗ

Как видно из рисунка 4 и рисунка 6, кривые переходных процессов момента и скорости в АКЗ совпадают. На основе предлагаемой структурной схемы (рисунок 5) имеется возможность создать систему управления АКЗ для получения более качественных переходных процессов скорости и момента этого двигателя. Структурная схема с прилагаемой системой управления представлена на рисунке 7.

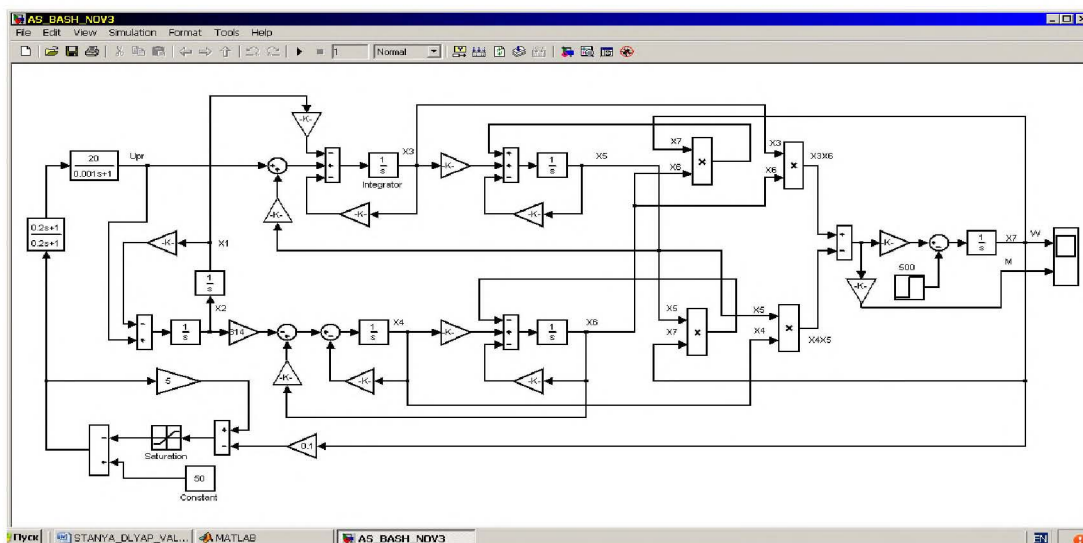


Рисунок 7. Структурная схема АКЗ с системой управления

Переходные процессы момента и скорости АКЗ в этом случае будут иметь следующий вид (рисунок 8)

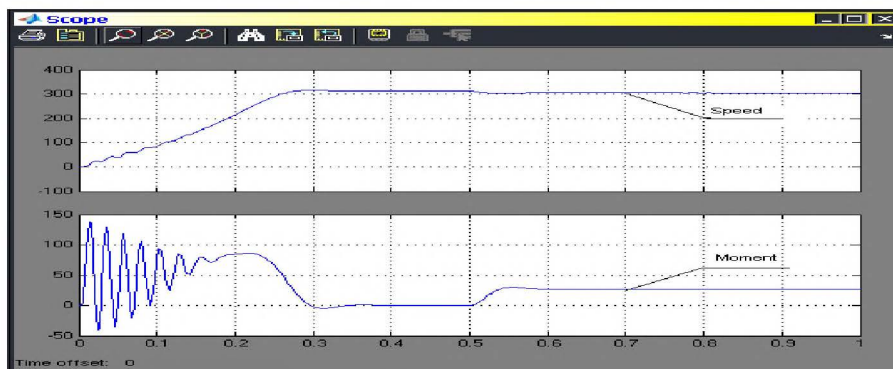


Рисунок 8. Переходные процессы момента и скорости АКЗ

Как видно из рисунка 8, график переходного процесса скорости выбран без перерегулирования и колебаний, что соответствует требованиям, предъявляемым к нелинейным системам ПЧ – АД.

Выводы

Нелинейная замкнутая система ПЧ – АД дает возможность повысить качество переходных процессов и быстродействие системы. Полученный оптимальный закон управления $u(t)$ позволяет обеспечить плавные переходные процессы скорости и электромагнитного момента асинхронного двигателя.

Список литературы

1. Башарин А.В., Постников Ю.В. Примеры решения автоматизированного электропривода на ЭВМ. – Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отделение, 1990. – 512 с.
2. Алексеев Е.Р., Чеснокова О.В. MATLAB 7. – М.: НТ Пресс, 2006. – 464 с.
3. Попов Е.П. Теория нелинейных систем автоматического регулирования и управления. – М.: Наука, 1988.
4. Терехов В.Н., Осипов О.И. Системы управления электроприводов. – М.: Академия, 2006.
5. Сагитов П.И., Тергемес К.Т., Шадхин Ю.И. Параметрический синтез системы управления многодвигательного асинхронного электропривода. //Вестник Алматинского университета энергетики и связи. – 2011.- №2(13).
6. Алексеев Е.Р., Чеснокова О.В. MATLAB 7/ Алексеев Е.Р., Чеснокова О.В. – М.:НТ Пресс, 2006.

References

1. Basharin A. V., Postnikov, Y. V. Examples of solutions of automated electric drive on the computer. – L.: Energoatomizdat, Leningrad. office, 1990. – 512 p
2. Alekseev, E. R., Chesnokova O. V. MATLAB 7. – M.: NT Press, 2006. – 464 p.
3. Popov E.P. Theory of nonlinear systems of automatic control and management. – M.: Science, 1988.
4. Terekhov V.N., Osipov O. I. Control systems of electric drives. – M.: Academy, 2006.
5. Sagitov P. I., Tergemes K.T., Shadkhin Yu.I. Parametric synthesis of a control system of the multi-engine asynchronous electric drive. // Bulletin of Almaty university of power and communication. – 2011. - No. 2(13).
6. Alekseev E.R., Chesnokova O. V. MATLAB 7/Alekseev E.R., Chesnokova O. V. – M.: NT the Press, 2006.

УДК 621.311

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА ТРЕХФАЗНОЙ К.З. НА ОСНОВЕ РЕЗИСТИВНОЙ МОДЕЛИ

Таабалдиева Нурзат Дуйшоновна, доцент, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира, 66, e-mail: nurzat0227@gmail.com

Куданалиев Эмил Темирбекович, ОАО “Национальная электрическая сеть Кыргызстана”, Кыргызстан, 720070, г. Бишкек, ул. Жибек-Жолу, 326, e-mail: emiltk@mal.ru

Цель работы - проведение анализа переходных процессов в машине с демпферными обмотками, учет и влияние автоматических регуляторов возбуждения на переходный процесс, влияние параметров системы на условия их протекания. Наиболее тяжелым видом повреждения, как известно, является трехфазное к.з., а наиболее частым видом к.з. является несимметричное к.з., но физическая картина явления одна, что и при трехфазном к.з., основанная на постоянстве результирующего потокосцепления. Полученные аналитические выражения параметров режима СМ пригодны при любых изменениях режимов работы как СМ, так и во внешней сети. Получены расчетные осциллограммы параметров режима ЭЭС при возникновении трехфазного к.з. в любой точке системы.

Ключевые слова: регулятор возбуждения, электрическая система, синхронная машина, трансформатор, короткое замыкание (к.з.), несимметричное к.з., напряжение, ток.

ANALYSIS OF RESULTS CALCULATION PHASE SHORT CIRCUIT BASED RESISTIVE MODEL

Taabaldiyeva Nurzat Duyshonovna, the associate professor, KGTU of I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira Ave., 66, e-mail: nurzat0227@gmail.com

Kudanaliev Emil Temirbekovich, JSC Natsionalnaya elektricheskaya set Kyrgyzstana, Kyrgyzstan, 720070, Bishkek, Zhibek-Zholu St., 326, e-mail: emiltk@mal.ru

The work purpose - carrying out the analysis of transition processes in the car with damping windings, the account and influence of automatic regulators of excitation on transition process, influence of parameters of system on conditions of their course. The heaviest type of damage, as we know, is three-phase short circuit, and the most frequent type of short circuit is asymmetrical short circuit, but a physical picture of the phenomenon same, as at three-phase short circuit, based on constancy of resultant flux linkage. The received analytical expressions of parameters of the mode of the synchronous car are suitable at any changes of operating modes as the synchronous car and in an external network. Settlement oscillograms of parameters of the mode of electrical power system at emergence are received three-phase к.з. in any point of system.

Keywords: excitement regulator, electric system, synchronous car, transformer, short circuit, asymmetrical short circuit, tension, current

При внезапных нарушениях режима в электрической системе, возникающих в начальный момент, электромагнитные переходные процессы характерны не только для синхронной машины, но и для трансформаторов сети. Однако они протекают настолько быстро, что с ними практически можно не считаться.

Во многих работах электромагнитные переходные процессы в машине описываются уравнениями, получившими название уравнений Горева - Парка. Эти уравнения дают полную характеристику переходных процессов и отражают изменения периодических и аperiodических составляющих токов, а также свободных токов, возникающих в замкнутых контурах машины.

Уравнение Горева - Парка, которое описывает переходный процесс в СМ запишем в операторной форме [3]: