

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра «Электротехнические комплексы и системы»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой


В.И. Пантелеев

« 8 » 05 2018 г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**

Студенту Федоровой Валерии Петровне

Группа ФЭ14-06Б Направление (специальность) 13.03.02.10

Электроэнергетика и электротехника (Электропривод и автоматика)

Тема выпускной квалификационной работы Моделирование АД в декартовых координатах с учетом вытеснения тока ротора

Утверждена приказом по университету №2890/с от 28.02.2018

Руководитель ВКР А. А. Федоренко, к.т.н. доцент кафедры «ЭТКиС»

Исходные данные для ВКР: общая теория переходных процессов в электрических машинах переменного тока, паспортные данные асинхронных двигателей 4А160М4У3 и 4А250S4У3

Перечень рассматриваемых вопросов (разделов ВКР): Представление трехфазных переменных обобщенными векторами; применение математического аппарата комплексных функций; математические модели и структурные схемы асинхронного двигателя в декартовой системе координат в полных переменных, переменных Ψ_s и Ψ_r , переменных i_s и Ψ_r ; модель асинхронных двигателей с учетом вытеснения тока ротора в полных переменных, переменных Ψ_s и Ψ_r , переменных i_s и Ψ_r , реализация их в MATLAB Simulink, анализ результатов моделирования.

Руководитель ВКР


подпись, дата

А.А. Федоренко

Задание принял к исполнению

подпись, дата

В.П. Федорова

«__»_____2018 г.

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт

ОТЗЫВ

руководителя о выпускной квалификационной работе студента
группы ФЭ14-06Б

Федоровой Валерии Петровны

1. Выпускная квалификационная работа «Моделирование АД в декартовых координатах с учетом вытеснения тока ротора» выполнена по заданию кафедры «Электротехнические комплексы и системы»

2. В работе решены следующие задачи:

Приведены уравнения и структурные схемы асинхронных двигателей в декартовых координатах. Приведены уравнения и разработаны схемы асинхронных двигателей в декартовых координатах с учетом вытеснения тока ротора. Выполнено исследование процессов в АМ с помощью средства визуального моделирования SIMULINK, получены статические и динамические характеристики АМ в декартовых координатах и проведено их сравнение.

3. Замечания и предложения по работе и ее оценка

Работа выполнена в полном объеме, согласно заданию. Оценка – «хорошо».

Руководитель ВКР



подпись

А.А. Федоренко

КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК

выполнения этапов ВКР


Наименование и содержание этапа	Срок выполнения
1 Получение задания на дипломное проектирование	07.05.2018
2 Сбор материала для дипломного проектирования	08.05.2018- 11.05.2018
3 Представление трехфазных переменных обобщенными векторами, применение математического аппарата комплексных функций	12.05.2018- 15.05.2018
4 Математические модели и структурные схемы асинхронный двигателей в декартовой системе координат	15.05.2018- 22.05.2018
5 Математические модели и структурные схемы асинхронных двигателей с учетом вытеснения тока ротора в декартовых координатах	23.05.2018- 28.05.2018
6 Результаты моделирования	28.05.2018- 04.05.2018
7 Оформление пояснительной записки	05.06.2018- 12.06.2018
8 Срок сдачи студентом законченного проекта	13.06.2018

Руководитель выпускной
квалификационной работы


7.05.18
подпись, дата

А.А. Федоренко

Студент


7.05.18
подпись, дата

В.П. Федорова

① ① ④ ③ ④ ⑫ ⑦ ④

⑭ 7⁽¹⁹⁾6.75⁽¹⁶⁾19⁽¹⁹⁾75⁽¹³⁾4⁽¹⁹⁾8⁽¹⁹⁾89⁽¹⁶⁾3.20⁽¹⁶⁾197567⁽¹⁹⁾35⁽¹⁵⁾1⁽¹³⁾5⁽¹⁴⁾4⁽¹⁹⁾(10)9.675⁽¹²⁾16⁽³⁾(11)6.75⁽¹³⁾7⁽¹⁹⁾
67⁽¹⁰⁾2194589⁽¹⁹⁾ (19) 20111⁽¹⁶⁾19⁽¹⁹⁾4589⁽¹⁹⁾ 67⁽¹⁹⁾4⁽¹⁹⁾91812. 7⁽¹⁵⁾16⁽¹⁴⁾1⁽¹⁹⁾20 ⑫(10)252⁽¹⁶⁾(15)5895⁽¹³⁾674183.
86585⁽¹²⁾53. 9⁽¹¹⁾5⁽²⁰⁾ 675⁽¹³⁾7⁽¹⁹⁾(10)2⁽¹⁰⁾98^(b)11⁽¹⁹⁾14⁽¹⁹⁾81⁽¹⁹⁾20186⁽¹⁶⁾7⁽¹⁹⁾3⁽¹⁶⁾49. (19)595⁽¹³⁾2⁽¹⁴⁾(19)6⁽¹⁹⁾
20186⁽¹⁶⁾7⁽¹⁹⁾3⁽¹⁶⁾49⁽¹¹⁾21945⁽¹⁶⁾19⁽¹⁹⁾882⁽¹⁶⁾5⁽¹³⁾4⁽¹⁹⁾6524513⁽¹⁴⁾45⁽¹⁴⁾5.9⁽¹⁴⁾24525⁽¹⁴⁾14⁽¹⁹⁾815⁽¹⁴⁾(10)7⁽¹⁶⁾9⁽¹¹⁾

(10)845. 1495. 5806⁽¹⁶⁾89⁽¹³⁾2⁽¹⁴⁾(19)6⁽¹¹⁾(19)14⁽¹⁹⁾815⁽¹⁴⁾5. 20186⁽¹⁶⁾7⁽¹⁹⁾3⁽¹⁶⁾49⁽¹¹⁾ - 2095. 9710⁽¹⁵⁾5⁽¹³⁾3.1⁽¹⁰⁾
(15)2⁽¹⁹⁾16⁽¹⁹⁾2194⁽¹¹⁾ (19) (15)575⁽¹⁴⁾5895⁽¹⁶⁾(11)6⁽¹⁹⁾ 67513⁽¹⁶⁾107⁽¹¹⁾ ⑭75⁽¹²⁾2⁽¹⁶⁾3⁽¹¹⁾ 1081040⁽¹²⁾2⁽¹⁴⁾98^(b)
4⁽¹⁵⁾125⁽¹⁵⁾9⁽³⁾5899^(a) 87⁽¹⁰⁾4⁽¹⁹⁾99. 4⁽¹⁸⁾1521915. (13)7⁽¹⁹⁾495⁽¹³⁾ 7⁽¹⁵⁾16⁽¹⁴⁾(19)6⁽¹⁶⁾(10)14⁽¹⁹⁾ ⑮5. 345⁽¹⁰⁾12.
82104⁽¹⁰⁾12. 57⁽¹⁹⁾649⁽¹³⁾18⁽¹⁹⁾b) 4⁽¹¹⁾ 6524513⁽¹⁴⁾418⁽²⁰⁾ 11⁽¹⁹⁾14⁽¹⁹⁾81⁽¹⁹⁾20186⁽¹⁶⁾7⁽¹⁹⁾3⁽¹⁶⁾49. 5⁽¹⁰⁾18⁽¹³⁾1098^(b)
85⁽¹³⁾715⁽¹⁶⁾445. 4⁽¹⁶⁾7⁽¹⁹⁾3⁽¹⁶⁾2⁽¹⁶⁾5⁽²⁰⁾ ⑰18125⁽¹⁵⁾53. (19)8 6525⁽¹⁷⁾16⁽¹⁴⁾(19)b) 3.5⁽¹⁷⁾16⁽⁹⁾. (14899. (16)3⁽¹⁶⁾(11)
11⁽¹⁹⁾14⁽¹⁹⁾815⁽¹⁴⁾5. 20186⁽¹⁶⁾7⁽¹⁹⁾3⁽¹⁶⁾49⁽¹¹⁾3.5⁽¹⁵⁾2⁽¹⁹⁾75⁽¹³⁾4⁽¹⁹⁾63. (120)106⁽¹⁶⁾08⁽¹⁹⁾89⁽¹⁶⁾318.20⁽¹⁶⁾197567⁽¹⁹⁾35⁽¹⁵⁾1)
⑱5⁽¹⁵⁾3.5⁽¹³⁾2⁽¹⁹⁾75⁽¹³⁾4⁽¹⁹⁾63. 654⁽¹⁹⁾3⁽¹⁰⁾98^(b)16⁽¹³⁾146⁽¹⁶⁾(14)19⁽¹⁹⁾882⁽¹⁶⁾10⁽¹⁶⁾3.5⁽²⁰⁾8⁽¹⁹⁾89⁽¹⁶⁾318. (16)10825⁽¹³⁾4183.
5⁽¹²⁾7⁽¹⁰⁾53. (19)2⁽¹⁹⁾(15)710⁽⁵⁾(20) 8⁽¹⁹⁾89⁽¹⁶⁾3.5⁽²⁰⁾(19)(19)104⁽¹⁴⁾(19)6 8⁽¹³⁾5⁽²⁰⁾89⁽¹³⁾ 57⁽¹⁹⁾14⁽¹¹⁾6109.c3. (19)104⁽¹⁴⁾(19)b)
8⁽¹³⁾5⁽²⁰⁾89⁽¹³⁾3.5⁽¹⁵⁾2⁽¹⁹⁾

① (16)1098⁽¹⁹⁾3589⁽¹⁹⁾59.86585⁽¹²⁾1)7⁽¹⁶⁾2⁽¹⁹⁾10⁽¹³⁾18⁽¹⁶⁾35⁽¹⁵⁾2⁽¹⁹⁾65⁽¹⁵⁾7⁽¹⁰⁾10⁽¹³⁾2⁽¹⁴⁾98^(b)4⁽¹¹⁾(13)1)
(12)52195⁽¹⁹⁾12.12⁽¹⁸⁾1)11⁽¹⁹⁾14⁽¹⁹⁾81⁽¹⁹⁾6⁽¹⁹⁾3⁽¹⁹⁾16⁽¹³⁾(19)14⁽¹⁹⁾81⁽¹⁹⁾6

⑩(19)14⁽¹⁹⁾815⁽¹⁶⁾ 3.5⁽¹³⁾2⁽¹⁹⁾75⁽¹³⁾4⁽¹⁹⁾6 67⁽¹⁶⁾552⁽¹⁰⁾10⁽¹⁹⁾9. (19)595⁽¹³⁾2⁽¹⁴⁾(19)6 1067516⁽¹⁴⁾45⁽¹⁴⁾
3⁽¹¹⁾(16)11⁽¹⁹⁾882⁽¹⁶⁾10⁽¹⁶⁾3.5⁽²⁰⁾8⁽¹⁹⁾89⁽¹⁶⁾31820⁽¹⁶⁾197567⁽¹⁹⁾35⁽¹⁵⁾1)⑰67516⁽¹⁶⁾(14)19)6⁽¹¹⁾81098^(b)67⁽¹⁶⁾7⁽¹⁵⁾6⁽¹³⁾816⁽⁵⁾
3⁽¹⁸⁾5.9⁽¹⁰⁾1)⑫67⁽¹⁹⁾3⁽¹⁶⁾7. (15)2⁽¹⁶⁾19⁽¹⁹⁾882⁽¹⁶⁾5⁽¹³⁾4⁽¹⁹⁾620⁽¹⁶⁾197567⁽¹⁹⁾35⁽¹⁵⁾20181⁽¹⁰⁾957⁽¹¹⁾3.5⁽¹⁷⁾16⁽⁹⁾(14899.
(19)595⁽¹³⁾2⁽¹⁴⁾(11) (16)5. 103⁽¹⁴⁾195⁽¹⁶⁾44⁽¹⁰⁾b) 3.5⁽¹³⁾2⁽¹⁹⁾75⁽¹³⁾4⁽¹⁹⁾6 ⑲(19)14⁽¹⁹⁾815⁽¹⁶⁾ 3.5⁽¹⁵⁾2⁽¹⁹⁾75⁽¹³⁾4⁽¹⁹⁾6 3.5⁽¹⁷⁾45.
84⁽¹⁹⁾19191067516⁽¹⁴⁾4183. (13)7⁽¹⁹⁾4953. 11⁽¹⁹⁾14⁽¹⁹⁾815⁽¹⁴⁾5. 20186⁽¹⁶⁾7⁽¹⁹⁾3⁽¹⁶⁾49⁽¹¹⁾- 3⁽¹¹⁾(16)9. (19)919710⁽⁹⁾
5845⁽¹³⁾418⁽¹⁶⁾585⁽¹²⁾44589⁽¹⁹⁾(19)882⁽¹⁶⁾10⁽¹⁶⁾3.5⁽²⁰⁾8⁽¹⁹⁾89⁽¹⁶⁾318. 45. (19)3⁽¹⁶⁾9. (12)14⁽¹⁹⁾91621945. 3⁽¹⁶⁾4195⁽¹⁹⁾6
(14)10⁽¹¹⁾7⁽¹⁹⁾18. (19) 3.516.45899. ⑳7⁽¹⁶⁾3. 4⁽¹⁶⁾3⁽¹⁶⁾(16)6⁽¹⁹⁾595⁽¹³⁾2⁽¹⁴⁾(19)6)11⁽¹⁹⁾14⁽¹⁹⁾815⁽¹⁴⁾5. 3⁽¹¹⁾(16)11)3.5⁽¹⁷⁾16⁽⁹⁾
(16)4⁽¹⁹⁾3⁽¹¹⁾1914⁽¹⁹⁾91621945⁽¹⁶⁾13⁽¹⁷⁾7⁽¹⁶⁾(b)19)97⁽¹⁶⁾25⁽¹³⁾9198106⁽¹⁶⁾89⁽¹⁶⁾441812.1⁽¹⁶⁾9⁽¹⁹⁾11)25⁽¹³⁾25⁽¹⁷⁾16⁽¹⁴⁾(19)20

⑪(11)9⁽¹⁶⁾3⁽¹¹⁾1914⁽¹⁹⁾815⁽¹⁶⁾3.5⁽¹³⁾2⁽¹⁹⁾75⁽¹³⁾4⁽¹⁹⁾667⁽¹⁶⁾552⁽¹⁰⁾10⁽¹⁹⁾9.4⁽¹¹⁾2⁽¹⁴⁾(19)6)11573⁽¹¹⁾19)5⁽¹³⁾445⁽¹⁴⁾
3⁽¹¹⁾9⁽¹⁶⁾3⁽¹¹⁾1914⁽¹⁹⁾815⁽¹⁴⁾5. 56⁽¹⁹⁾814⁽¹⁹⁾b) 57⁽¹⁹⁾14⁽¹¹⁾2⁽¹¹⁾ - 3⁽¹¹⁾9⁽¹⁶⁾3⁽¹¹⁾1914⁽¹⁹⁾815⁽²⁰⁾ 3.5⁽¹⁵⁾2⁽¹⁹⁾ - (19)
(19)882⁽¹⁶⁾5⁽¹³⁾4⁽¹⁹⁾6)(16)5. 8⁽¹³⁾5⁽²⁰⁾89⁽¹³⁾(13)3⁽¹⁶⁾895. 8⁽¹³⁾5⁽²⁰⁾89⁽¹³⁾ 8⁽¹³⁾3.5⁽¹⁴⁾5. 57⁽¹⁹⁾14⁽¹¹⁾2⁽¹¹⁾ (13) 8⁽¹³⁾(10)9) 8.20⁽¹⁹⁾3.
3⁽¹¹⁾9⁽¹⁶⁾3⁽¹¹⁾1914⁽¹⁹⁾815⁽¹⁶⁾3.5⁽¹⁵⁾2⁽¹⁹⁾75⁽¹³⁾4⁽¹⁹⁾64⁽¹⁰⁾18⁽¹³⁾(11)9(16)(c)1814⁽¹⁹⁾82⁽¹⁹⁾16219183.20186⁽¹⁶⁾7⁽¹⁹⁾3⁽¹⁶⁾4953.

① 4⁽¹⁸⁾895⁽¹⁶⁾(16)13⁽¹⁷⁾16⁽¹³⁾(b)8106⁽¹⁶⁾89⁽¹⁰⁾9(12)52195.5⁽¹⁶⁾152⁽¹⁴⁾14⁽¹⁹⁾89⁽¹³⁾5(15)5891064181215⁽¹⁹⁾75.15310.

1.710.40. 65219.5(13) 9.2(16)(20) 3.516.41812. 6(11)(16) 95(13) 6.7(19) 2.1(15) 41812. 6.75(14)(11) 3.3, (12)(11) 9.21945.
5(12)(16) 4.1(11) 16(19) 2. 6.7513(16) 10710. 3(11) 9.3(11) 9.14(16) 8.15(14) 5. 3.5(15) 2(19) 75(13) 4(19) ⑬(15) 4.5(20) (19) 8 9.1(19) 2.
6.75(14)(11) 3.3. (11) 3.5(16) 98. MatLab.

MatLab 85895(19) 9. 1(11). (14) 8. (19) 8 3.45(17)(16) 89(13) 65(15) 6.75(14)(11) 3.3. 9.1(19) 2. 1(11). Control
System Toolbox ((15) 2(b) 7(18) 8.4(9) 11) 8(19) 89(16) 3. 106.7(10) 2(16) 4(19) 3), Signal Processing Toolbox ((15) 2(b)
5(12) 7(10) 2) 591(19) 8(19) 4(11) 2.5(13), Image Processing Toolbox ((15) 2(b) 5(12) 7(10) 2) 591(19) 8(19) 5(12) 7(10) 7(16) 4(19) 2) (19)
(15) 7(10) 4(16) ⑬(19) 89(16) 3(11) MatLab 85(15) 6.7(17) 199. 9.1(11). (17) 16 3.516.45(16) 87(16) 589(15). (13) 9) 10. 21945(14).
3.5(15) 2(19) 75(13) 4(19) 6(15) 9.4(11) 3(19) 14(16) 81(19) 2.8(19) 89(16) 3. Simulink.

③(11) 4.4(11) (12) 1(11) 2(10) 5781(11) 7(10) 259(11) (13) 86524(16) 4(11) 8. 6.7(19) 3(16) 4(16) 4(19) 3. 87(16) 589(13) 1)
(13) 9) 10. 21945(14) 5. 6.75(14)(11) 3.3(19) 75(13) 4(19) 6) Simulink. ⑫(11) 5845(13) 4(19) 9) 654(16) 9(19) 6) 5(12) 5(16) (14) 45(14).
(13) 6) 1.957(11) 83.5(15) 2(19) 75(13) 4. 7(16) 21948(20) 1(19) 412754418(20) (13) 3) 9) 16) 219(13) 15) 6(11) 795(13) 1812.8(19) 89(16) 3(11).
1557(15) 9.4(19) 8.104(16) 953. (13) 1) 6) 84(16) 4(19) 6) 95.1(11) 75957(11) 6.75(13) 6) 4(11) 4(11) 2(19) 8(13) 18125(15) 41812(15) 441812.

1 ⑭ 7. (16)(15) 8. 9. (11)(13) 2. (16) 4. (19)(16) 9. 7. (16) 12. 11. (11)(18) 4. 18. 12. 6. (16) 7. (16) 3. (16) 4. 4. 18. 1
 ⑨ 5. 3. 6. 2. (16) 1. 8. 4. 18. (16) 11. 10. 4. 1. 13. (19)(19). ⑱ 7. (11)(13) 4. (16) 4. (19)(16) (15)(13)(19)(17)(16) 4. (19)(b)

1.1 ⑬ (12) 5. (12) 16. (16) 4. 4. 18. (20) (7. (16)(18) 10. 2. 19. 9. (19) 7. 10. (a) 16. (19)(20)) (13)(16) 1. 9. 5. 7.

⑥ 5. (13) 7. (16) 3. (16) 4. (11)(b) 9. (16) 5. 7. (19) 2. 2. (16) 1. 9. 7. (19) 14. 8. 1. (19) 2. 3. (15) 4. (19) 2. 2. (16) 1. 9. 7. 5. 6. 7. (19) 3. 5. (15) 1. 8. 9. 7. 5. (19) 8. (b) 4. (11)
 58. 4. 5. (13) 6. 7. (16) 5. 8. 9. (11) 2. (16) 4. (19) 9. 7. (16) 11. (11) 4. 18. 12. 2. 2. (16) 1. 9. 7. 5. 3. (11) 4. (19) 9. 4. 18. 12. (13) 6. (19) 4. 4. 5. (12) 5. (16) 4. 4. 18. 3. (19)
 (13) 6. (19) 5. 7. (11) 3. (19) (8) 9. 5. 6. 5. (16) 5. 2. (16) 9. 4. (16) 9. 5. 2. 1. 9. 5. 6. 5. 2. 1. 0. 4. 9. 9. 1. 5. 3. 6. (11) 9. 4. 1. 0. (a) (16) 6. (19) 8. 1. 9. 1. 0. 7. (11) 3. 4. (16) 4. (19) 2. 0. 4. 5.
 9. (11) (17) (16) 8. 9. 7. 5. (19) 9. 9. (13) 8. 5. 1. 5. 2. 0. 1. 1. (16) 1. 9. (19) 4. 18. (16) 8. (19) 8. 9. 3. 18. 1. 0. 6. 7. (11) 3. 2. (16) 4. (19) (b) (12) (16) 7. 1. 0. (a) 16. (19) 8. (b) 4. (11)
 (13) 6. (19) 5. 7. 4. 18. 12. 6. 5. 4. (b) 9. (19) 1. 2. [1, 2, 3, 4, 5, 6].

① 2. 2. (16) 1. 9. 7. 5. 9. (12) 4. (19) (16) 9. 7. (16) 11. (11) 4. 1. 0. (a) 8. (19) 8. 9. 1. 6. 3. 1. 0. 8. (19) 4. (12) 5. (13) 6. 7. (19) 4. (b) 9. 5. 7. (16) 8. 8. 3. (19) 7. (19) 8. (19) 9. (13)
 6. 2. 5. 8. 1. 5. (20) 8. (19) 8. 9. 1. 6. 3. (16) 1. 5. 5. 7. (15) 9. 4. (11) 9. 12. (17) (11) 1. 9. (16) 7. (19) 4. 1. 0. (b) 3. 5. (20) 9. 7. (16) 3. (b) 8. (15) 3. (19) 4. 1. 0. 9. 8. 3. (19) 4. (11) 6. 2. 5. 8. 1. 5. 8. 9. (19)
 6. 5. (15) 1. 0. 4. 2. 5. 3. 120° (2/3) 5. 8. (b) 3. (19) a, b, c (7. (19) 8. 1. 0. 4. 5. 1. 1. 1, (1). ⑭ 7. (19) 3. (11) 9. (16) 3. (11) 9. 1. 4. 8. 1. 5. 3.
 5. 6. (19) 8. 1. 4. (19) 9. (19) 1. 4. (11) 2. (19) 8. 6. 7. 5. 1. 3. (16) 8. 5. (13) 3. 4. 5. (11) (11) 4. 1. 8. 1. 2. 2. 2. (16) 1. 9. 7. (19) 14. 8. 1. (19) 2. 2. 2. (16) 1. 9. 7. 5. 3. (11) 4. (19) 9. 4. 18. 12.
 (19) 2. 2. (16) 1. 9. 7. 5. 3. (11) 4. (19) 14. 8. 1. (19) 2. 8. (19) 8. 9. 1. 6. 3. (11) 12. 15. (19) 7. 5. 1. 5. (16) 7. (16) 6. 7. 5. 8. 9. 7. (11) 4. (16) 4. (19) 6. 6. 5. 2. 1. 0. 4. (19) 2. 5. 6. 5. 4. (b) 9. (19) 6.
 5. (12) 5. (16) 4. 4. 5. (16) 4. 4. 5. (7. (16) 1. 0. 2. 1. 9. 7. 1. 0. (a) 16. (16) 4. 5. (13) 6. (19) 5. 7. (11) 3. 4. 5. (11) 4. 5. (20) 8. (19) 8. 9. 1. 6. 3. 18. 8. (19) 4. (12) 5. (13) ⑭ 7. (19)
 2. 0. 5. 3. 3. (14) 5. (13) 4. 4. 18. (16) 4. (11) 4. (19) 11. (11) 4. 18. 12. (13) 2. (16) 4. 4. 7. (16) 8. 8. 3. (19) 7. (19) 8. (19) 9. 8. (b) (11) 1. 6. 7. 5. (16) 1. 1. 3. (19) 2. 0. 5. (14).
 (13) 6. (19) 5. 7. (11) 4. (11) 5. 8. (19) 6. 2. 5. 8. 1. 5. (20) 8. (19) 8. 9. 1. 6. 3. 18. 1. 5. 5. 7. (15) 9. 4. (11) 9. [3, 4, 8, 14]

⑦ (18) 3. (19) 6. 3. (19) 1. (19) 1. (19) 8. 8. 9. 4. 5. 1. 4. 9. 5. 6. 5. 2. 5. (17) 1. 6. 4. (19) 6. (13) 6. (19) 5. 7. (11) 4. (11) 6. 2. 5. 8. 1. 5. 8. 9. (19) 5. (14) 5. (11) 4. 4. 5. (11) 4. 4. 5.
 5. 6. 7. (16) 3. 6. 2. (b) 9. 8. (b) (15) 3. 1. 0. 3. (b) (16) 4. 5. 1. 5. 5. 7. (15) 9. 4. (11) 9. (13) 1. 9. 4. (16) 7. (19) 3. (16) 7. (15) 6. (11) 7. 9. 5. (13) 8. 3. (19) ⑰ 7. (16) 11. (11) 4. (11) (b)
 8. (19) 8. 9. 1. 6. 3. (11) 1. 5. 5. 7. (15) 9. 4. (11) 9. 3. 5. (17) 1. 9. 12. (17) (11) 1. 9. (16) 7. (19) 5. (13) 9. 1. 9. 6. 5. 2. 5. (17) 1. 6. 4. (19) 6. (13) 6. (19) 5. 7. (11) 4. (11) 6. 2. 5. 8. 1. 5. 8. 9. (19)
 9. 5. 2. 1. 9. 1. 5. (13) 9. 5. 3. 8. 2. 1. 0. 4. (11) 6. (16) 8. 2. (19) 11. (11) 4. 18. (16) (13) 6. (19) 2. (16) 4. 4. 18. 2. (19) 4. (16) 4. 5. (16) (16) 8. (19) 3. 18. 9. 5. (16) 8. 9. 9.
 8. (16) 6. (16) 8. 9. 1. 0. (19) 4. (16) 4. 1. 0. 2. (16) 5. (16) 7. (16) 4. (19) 6. (16) 1. 0. 7. (11) 3. 4. (19) 3)

$$u_a + u_b + u_c = 0. \quad (1.1.1)$$

⑦ (18) 1. 0. 8. 2. 5. (13) 6. (19) 5. (1.1.1) 8. 2. (16) 1. 0. (19) 9. 1. 4. 9. 5. 1. 4. 9. 5. (15) 4. (11) (13) 6. (19) 2. (16) 4. (11) 5. (15) 4. 5. (12) 4. (11) 4. 4. 5. 5. 6. 7. (16) 3. 6. 2. (b) 9. 8. (b)
 (12) 4. (11) 4. (11) 4. (11) 3. (19) (15) 3. 1. 0. 2. (15) 7. 1. 0. (11) 1. 2. ① 2. 0. 5. 3. 8. 2. 1. 0. 4. (11) 6. 7. (16) 1. 0. 2. 1. 9. 7. 1. 0. (a) 16. (19) 2. 0. (13) 6. (19) 5. 7. 3. 5. (17) 4. 5.
 8. 5. 8. 9. (11) 9. (19) 8. 9. 7. (16) 1. 2. 4. (16) 5. 7. 9. 5. (14) 4. (11) 2. 1. 9. 4. 18. 12. 8. 5. 8. 9. (11) 2. (16) 4. 16. (19) 12. 4. (16) 7. (11) 3. 2. (16) 4. (19) (b) 1. 5. 9. 5. 7. 18. 12.
 8. 5. (13) 6. (19) 5. (16) 4. 1. 0. 9. 8. 4. (11) 6. 7. (11) 3. 2. (16) 4. (19) 3. (19) 3. (11) 4. (19) 9. 4. 18. 12. 5. 8. (16) 2. 0. 11. (11) 4. 18. 12. 5. (12) 3. 5. 9. 5. 1. ⑦ 3. (16) 4. 4. 5. 9. (15) 2. 0)

65(15) 1. 7(1883.597(16)4(19)a) 654(b)9(19)b) 5(12)5(16)4(15)5. (18)6(1957(11) 652104(19)2. (13) 4(1895(16)(16)6) (13)7(16)3(b) 4(11)9(2)5(2195(16)6) 7(18675897(14)4(16)4(19)6) (13) 2(19)9(16)7(19)107(16) ⑭7(19) 20953. (10)9(5)718. 2(19)2(5). (19)4(114)21945. 8(14)9(11)a)9. 6(16)7(16)3(16)4(18)18(16) 97(14)21(10)4(5)20) 8(19)89(16)3(18). 2(19)4(16)4(5). (18)10(18)9(19)3(183(19) 2(19)2(5). (19)8(110889(18)2)4(45). 5(12)6(14)4(19)3(1)a)9. 20910. (16)10(18)9(19)3(589)9. 7(10)2(19)4(18)3(19) 86585(12)3(19) (59810989(18)9)6(4102(16)5(15)45.675(13)5(15)1)1089(14)5(13)1(11)86(14)8(19)12(19)41812.7(16)102(b)9575(13)19)9(15).

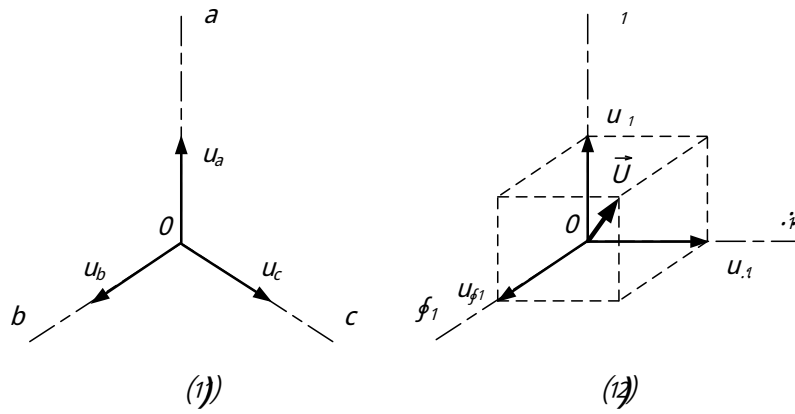
⑬15(4)1(15). (13)5(12)6(16)3. 82104(10)6) (15)2(b)8(19)89(16)3(18). 2(19)4(16)4(5). 4(16)8(10)9(19)3(18)12.97(14)21(10)4(18)12. 6(16)7(16)3(16)4(18)12. 8.65(18)13(19)9(13)6(195745(20)11)2(14)6(2)718. 7(16)102(19)9(19)7(10)a)16(19)20(13)6(1957.4(16)5(12)25(15)9)3.5. (19)4(114)21945. 7(1883(19)7(19)3)9(9). 1(11). (18)6(1957. 56.7(16)3(2)6)3(18(20) 97(16)3(b) 4(16)8(10)9(19)3(183(19) 1557(15)9(4)1(9)1(3(19) 95(16)8(9)9. 1(11). (18)6(1957. 97(14)23(16)7(45)45.675897(14)89(18)1)

⑰1(15)20)65(15)25(15)6.7(16)5(25)17(16)4. ⑮ ⑰ (3) 7(16)4(16)753. (13)7(10)2(59)12[6, 7], (14)6(13)1(114)89(18)6) (12)10(18)8(11)97(14)23(16)7(45)45. (18)6(195745(14)89(18)1)9(865219(10)9(8)b)2(19)4(16)4(5).4(16)8(10)9(19)3(11(b) 8(19)89(16)3(11) (18)6(19575(13) ⑬(12)5(12)6(16)4(18)20) (18)6(1957. (13) 20953. 82104(10)6) 12(17)1(19)6(7)19(10)9(8)b) 675(16)13(19)6)3(19) 4(11) 58(19) 675897(14)89(18)2(445(20) (97(14)23(16)7(45)20) (15)6(11)795(13)5(20) 8(19)89(16)3(18). 1557(15)9(4)1(9). 7(10)2(1183(19)3(14)5(13)6)4(18)3. (18)4(114)4(19)6)3. 8559(18)9(8)9(10)a)16(19)211(10)4(18)12(18)2(19)4(19)4.

⑰1(19)3. 5(12)7(10)5(3, 6.7(16)5(52)1(10)10(19)9(8)b)59(1(10)8)59.62581(19)2.97(14)21(10)4(18)12.8(19)89(16)3. 8(19)4(12)5(13)13) 65219(10). 97(14)23(16)7(418)12. (15)6(11)795(13)812. ③(11)4(18)20) 65(15)25(15) 12(17)1(19)6(7)19(10)9(8)b) 3(19)1(6)3(11)9(14)8(15)20) 8975(15)89(9)a) (19) 14(9)1(19)3. 5(12)5845(18)4(19)6)3. 8. 9514(19) (18)7(16)4(19)b) (12)1(11)2(19)9(14)8(15)20(14)5(3(16)9(7)19)9(19)13)6(195745(20)11)2(14)6(2)718. ⑬(15)4(11)5.6.7(19)20953. 9(16)7(16)9(8)b)8(13)10(19)9. 8. 97(10)6)9(13)5(4)4(18)3(19) 8. 9514(19) (18)7(16)4(19)b) 20(16)1(9759(14)2(19)1(19) 62581(19)3(19) 97(14)21(10)4(18)3(19) 1557(15)9(4)1(9)4(18)3(19) 8(19)89(16)3(13(19) (19)3(16)a)16(19)3(19) 514(4)19. (b)8(410)a) 11(19)8(14)8(110)a) (19)4(9)1(6)7(6)7(16)9(13)9)a)

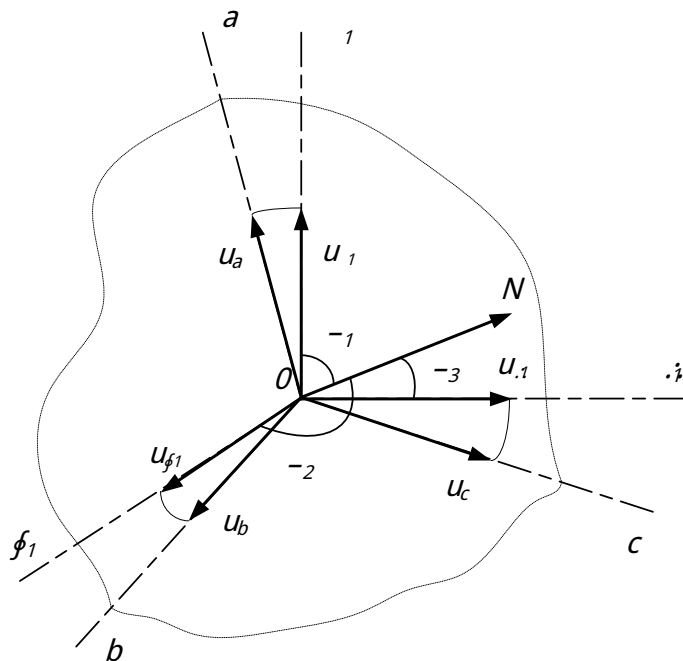
① 825(17)1(9)15(16)0(8)b)8(19)9(10)13(19)9)4(10)9(2)5(2)10(5)12(4)183. (18)9(5)9(9)8)b)6(10)9(9). 6.7(16)5(25)17(16)4(18)20) ∩ ∩ ⑨(16)5(5)7(16)4(15). (19) (8) ⑫ ⑩(10)5(13)8(19)3. (13) 7(10)2(59)16)[8]. (8)959. 6(10)9(9). 6.7(16)5(52)1(10)10(19)9. 85(13)3(14)6(16)4(19)6)56(19)8(14)1812.13(18)15(16)65(15)25(15)5(13) (13)14(18)94(589)19(13)10(16)4(19)6(13) 8559(18)9(8)9(10)6) 625815(20) 97(14)21(10)4(5)20) 8(19)89(16)3(16) 8(19)4(12)5(13) u_a, u_b, u_c (7(19)8(10)4.5.1. 1.1, (i) 4(16)159575(145). 675897(14)89(18)2(445)45. (18)6(1957(11) \vec{U} , 12(17)1(19)6(7)19(10)6)3(5)45. 1557(15)9(4)1(9)1(3(19) u_1, u_f, u_1 (7(19)8(10)4.5.1.1.1, (13).

③2(b) 95(145). 1495(148). (18)6(1957. \vec{U} 5(15)4(5)12(4)1445. 56.7(16)3(2)b)28(b) 3(14)5(13)6)4(18)3(19) (18)4(114)4(19)6)3(19)97(14)21(10)4(18)12.8(19)4(12)5(13) 4(16)5(12)25(15)9)3.5.1089(14)5(13)9(9)12(4)2(19)9(14)8(110)a) 8(13)10(19)9. 3(16)7(15)10(4)19)3(19)19)1557(15)9(4)1(9)1(3(19)13)6(1957(11) \vec{U} , (15)2(b)14(16)5.4(16)5(12)25(15)9)3.5.(16)10(18)9(19)3(18)3.45(16)



⑬ 81045.1.1.1 - (1) 62581(11)971421(10)41812. 8(19)4(125)(13) 675897(14)89163(16)1557(14)94(19). (13)6(11)795(13)5(20)8(19)89163(16)1557(14)94(19).

7(18)6525(17)(16)4(19)6) 62581589(19) 971421(10)41812. 8(19)4(125)(13) (19) 971423(16)745(20) 8(19)89163(18). 1557(14)94(19). ⑯ 5(13)3(16)89(19)B. 4(11)4(25). 1557(13)94(19). 971423(16)745(20) 8(19)89163(18). 8. 951415(20) O 62581589(19)(11)8(13)10.62581589(19)857(19)4(19)7(10)3. (13)675897(14)89163(16)9(11)(19)B. 5(12)7(10)53, 1495(12)8. 4573(12)19.1. 4(16)20(19)8)95141(19)O 5(12)7(10)53(18)2(11)8.58(19) 1, phi_1, phi_1. 7(18)418(16)10(12)18. (7(19)81045.1.1.2).



⑬ 81045.1.1.2 - ⑯ 5(13)3(16)(16)4(19)6)971423(16)745(20)8(19)89163(18). 1557(14)94(19).8.62581589(19) 971421(10)41812. 8(19)4(125)(13)

⑭ $7(19) 2053.4(16) 7(10) 2(10) 16(19) 158(19) 4108.4573(12) ON 85(14) 845[9, 10]:$

$$\cos -_1 = \cos -_2 = \cos -_3 = \frac{1}{\sqrt{3}}. \quad (1.1.2)$$

⑭ $7(19) 9(11) 153. 6525(17) 4(19) 62581589(19) 595(12) 7(10) 7(16) 4(19) 4(11) 4(16) 58(16) \quad 1, \phi, \gamma, \cdot; \quad (19) 8$
 $2(a) 12(20) 95141(19) 67(19) 4(10) 2(16) 7(11) 16(16) 4573(11) 2(19) ON, \quad (15) (1) 9. 8(19) 89(16) 310. 97(14) 2. 83(14) 16(16) 441812.$
 $59458(19) 9(16) 21945. (15) 710(14) 15(15) 710(14) 4(11) 10(15) 2. 120^\circ (19) 6(16) 7(16) 8(16) 1(16) 16(19) 128. b(13) 95141(16) O 58(16) 9(16)$
 $5(12) 7(10) 10(a) 9. 6258110(a) 8(19) 89(16) 310. 1557(15) 9(14) 9. a, b, c \quad 97(14) 21(10) 41812. 8(19) 4(11) 25(13) u_a, u_b, u_c.$
 ⑮ $14(19) 9(10) 1557(15) 9(11) 98. (13) 1957(11) \vec{U} 675(16) 113(19) 3(19) 8559(16) 989(10) a 16(19) 211(10) 41812(13) 2(19) 4(11) 4(11)$
 $58(19) \quad 1, \phi, \gamma, \cdot; \quad 3.5(17) 45. (16) 7(19) 8(19) 9(10) 7(10) 4(16) 4(19) 4(10) 2(15) 45. 651(10) 18(13) a 16(19) 11(19) 8(19) 14(16) 8110(a)$
 $8(16) 4.589(9.67(16) 89(10) 2(16) 19) b) 97(14) 21(10) 45(20) 625815(20) 8(19) 89(16) 318. 8(19) 4(11) 25(13) 5(12) 5(16) 44183.$
 $(7(16) 10219(19) 710(a) 16(19) B) 675897(14) 89(13) 44183. (13) 195753:$

$$\begin{aligned} u_{\phi 1} &= u_a \cdot \sin -_1 = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \cdot u_a \\ u_{\phi 1} &= u_b \cdot \sin -_2 = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \cdot u_b \\ (u_{\phi 1} &= u_c \cdot \sin -_3 = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \cdot u_c. \end{aligned} \quad (1.1.3)$$

⑮ $89(16) 3(11) 107(10) 4(16) 4(19) (1.2.3) (13) 195745. 3(11) 97(14) 45(20) 11573(16) 19(16) 9(10) 5)$

$$\vec{U} = \begin{bmatrix} u_{\phi 1} \\ u_{\phi 1} \\ u_{\phi 1} \end{bmatrix} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \cdot E \cdot \begin{bmatrix} u_a \\ u_b \\ u_c \end{bmatrix}, \quad (1.1.4)$$

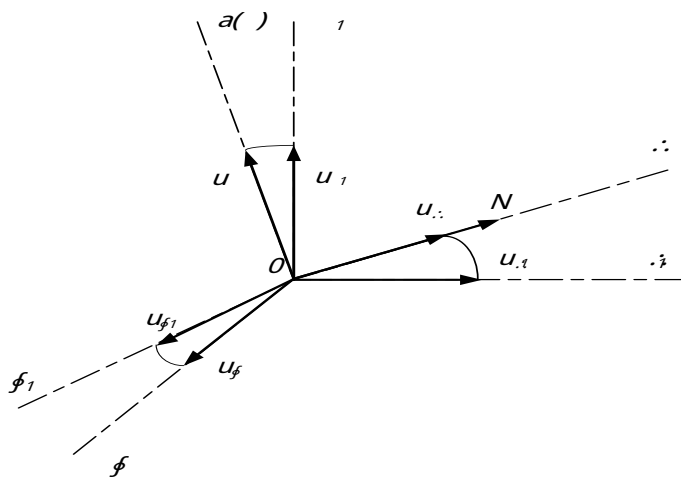
(14) $6) \quad u_{\phi 1}, u_{\phi 1}, u_{\phi 1} - 1557(15) 9(11) 98. 5(12) 5(16) 445. 5(13) 1957(11) \vec{U};$
 $u_a, u_b, u_c - 3(14) 5(13) 4418(16) 18(11) 14(19) 11(10) 41812(13) 2(19) 4(11) 4(11);$
 $\sqrt{2}/\sqrt{3} - 3.45(17) 9(19) 219. 567(16) 5(16) 318(20) 85594515(16) 4(19) 3:$

$$\sin -_i = \sqrt{1 - \cos^2 -_i}. \quad (1.1.5)$$

$E - (16)24(19)44(11b) 1(13)(15)7(19)4(11b) 3(19)7(19)13(1) 1(10)7(13)(1b) 8975.1(11) 159575(20) 2095. 1557(15)94(1)918. (16)94(19)441812. 4(16)7(10)2(14)16(19)2. (13)6(19)575(13) 58(16)0 1, \phi, \gamma, \delta; 97(12)3(16)745(14). 675897(14)89(11)$

$$E = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (1.1.6)$$

$(12)11) 6.7(11)9(1)1(16) 10(15)5(12)4(16)6) 65219(8)1(13)9198.b) 8(19)89(16)3(11)3(19) 1557(15)94(1)9. 58(19) 159571812. 56.7(16)5(16)2(16)44183. 5(12)7(10)53. 85594(16)8(16)418. 8. 3(10)4(19)94183(19)(19)(14)53(16)97(19)4(18)1(19)3(19) 58.b.3(19) (19)4(15)10113(19)54.41812(19)895144(19)15(13)19)6597(16)2(19)9(16)2(16)20(16)7(14)9) (14)5205310(13)1(11)4(16)89(16)12(10)5(13)5(20) 13(16)2(16)855(12)7(10)245. 7(10)883(19)7(19)8(1)919. 1557(15)94(1)9410.a) 8(19)89(16)3(11)0. \alpha, \beta, \gamma, 5819.\alpha 159575(20) 85(13)3(14)6(16)4(11) 8. 5819.a) 11(10)18. \alpha, (11) 5819.\gamma - 8. 4573(11)219.a) ON. (17)5(14)3(11) 5819.\beta (12)1(10)9. 7(10)86525(17)16(11) (13) 62581589(19) 97(14)21(10)245(20) 8(19)89(16)3(11)8. 8(19)4(11)25(13) 65(15) 10(14)253. (4)2 59458(19)9(16)21945. 58(19)\alpha 65. 4(16)7(10)2(16)4(19)b) 14(16)7(16)5(13)4(19)b) 11(10)8(7(19)81045.1. 1.3). (17)1(19)3. 5(12)7(10)53, 58(19)\alpha, \beta (12)10(10)9. 7(10)86525(17)16(11)8. (13) 62581589(19) 656(16)7(14)445(14)5. 8(19)4(11)24(19)b) (13) 62581589(19) 3(10)4(19)941812.58(16)0 (19)4(15)10113(19)54.41812.6.7(16)5(12)7(10)5(13)9(16)2(16)20(16)7(14)9) (11)5819.\gamma - (13)5521958(19)13(1)2(11)19)2.75957(11)$



$(13)81045.1.1.3 - (13)7(19)4(19)13(19)b) 6.75897(14)89(11)445(20) 8(19)89(16)3(11)8. 1557(15)94(1)9.$

⑭ 109. 4. 825. 41812. 53. 97. 14. 81. 12. 658975. 4. 35. 17. 45. 5. 1. 10. 9. 1495.
 1557. 4. 9. 18. 1957. \vec{U} 8. 89. 3. α, ϕ, \dots 8. 1557. 4. 9. 3. 205. 5. 1957.
 8. 89. 3. ϕ, \dots 82. 10. 16. 3. 85594515. 4. 3.

$$\begin{aligned} u &= \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \cdot u_1 - \frac{1}{\sqrt{6}} \cdot u_{\phi} + \frac{1}{\sqrt{6}} \cdot u_{1'} \\ u_{\phi} &= 0 + \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot u_{\phi} - \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot u_{1'} \\ u_{1'} &= \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot u_1 + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot u_{\phi} + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot u_{1'} \end{aligned} \quad (1.1.7)$$

① 195745. 3. 97. 14. 5. 11573. 8. 89. 3. (1.1.7) 3. 10. 9. 1495)

$$\vec{U}_{(\phi, \dots)} = A_1 \cdot \vec{U}_{(1, \phi, 1')}, \quad (1.1.8)$$

(10)6) $A_1 = 3. 97. 13. 1557. 4. 9. 5. 67. 5. 7. 10. 5. 4. 1957. \vec{U}$ (19)8) 825. 45. (13)
 45. 10. 97. 12. 3. 7. 410. 8. 89. 3. 10. 1557. 4. 9.

$$A_1 = \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} & -\frac{1}{\sqrt{6}} & \frac{1}{\sqrt{6}} \\ 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{3}} & \frac{1}{\sqrt{3}} & \frac{1}{\sqrt{3}} \end{bmatrix}. \quad (1.1.9)$$

⑭ 5. 89. 10. 3. 107. 14. 4. (1.1.3) 107. 14. 4. (1.1.7) 35. 17. 45. 652104. 9. 11573. 10218.
 67. 3. 5. 5. 1814. 82. 4. 1557. 4. 9. 1957. \vec{U} 8. 89. 3. α, ϕ, \dots 4. 587. 89. 10. 445. 65.
 4. 14. 4. 3. 97. 12. 1. 41812. 8. 4. 25.

$$\begin{aligned} u &= \frac{2}{3} \cdot u_a - \frac{1}{3} \cdot u_b - \frac{1}{3} \cdot u_c \\ u_{\phi} &= 0 \cdot u_a + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot u_b - \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot u_c \\ (u_{1'} &= \frac{\sqrt{2}}{3} \cdot u_a + \frac{\sqrt{2}}{3} \cdot u_b + \frac{\sqrt{2}}{3} \cdot u_c. \end{aligned} \quad (1.1.10)$$

① (13) 195745.3 (19) 971445 (20) 11573 (16) 818913 (11) (1.1.10) (19) 3 (16) 9 (13) 95

$$\vec{U}_{(\alpha, \phi, \dots)} = A \cdot \begin{bmatrix} u_a \\ u_b \\ u_c \end{bmatrix}, \quad (1.1.11)$$

(14) 6) A — 3 (19) 7 (13) 11 67 3 5 5 1557 (15) 94 (11) 94 5 5 6 7 5 (12) 7 (10) 5 (13) 4 (19) 8 (19) 89 3 18 97 12 1 (10) 4 18 12.
 8 (19) 4 (11) 25 (13) 13 6 7 5 (16) 113 (19) 9 7 (16) 10 2 9 (19) 7 10 (a) 16 (16) 5 (13) 6 1957 (11) \vec{U} 4 (11) 5 8 (19) 13 6 (11) 7 9 5 (13) 20 97 14 23 (16) 7 4 5 (20)
 8 (19) 89 3 18 1557 (15) 94 (11) α, ϕ, \dots

$$A = \begin{bmatrix} \frac{2}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ 0 & \frac{1}{\sqrt{3}} & -\frac{1}{\sqrt{3}} \\ \frac{\sqrt{2}}{3} & \frac{\sqrt{2}}{3} & \frac{\sqrt{2}}{3} \end{bmatrix}. \quad (1.1.12)$$

① 7 (16) 89 (10) 2 4 4 18 (16) 13 15 (16) 14 53 (16) 97 14 8 1 (19) 6 6 5 8 9 7 5 (16) 4 (19) 6 7 5 (12) 7 (10) 10 (a) 9 6 2 5 8 11 0 (a)
 2 (19) 4 (16) 4 5 4 (16) 8 (16) 8 3 10 (a) 97 12 1 (10) 4 10 (a) 8 (19) 89 3 10 8 (19) 4 (11) 25 (13) 13 (13) 6 5 (15) 8 (19) 89 3 18 2 (19) 4 (16) 4 5.
 (16) 0 9 8 (19) 3 18 12. 8 (19) 4 (11) 25 (13) [111]. ① 7 (13) (b) 6 5 (15) 8 (19) 89 3 (11) 5 (15) 4 5 3 (16) 7 4 (10) (b) (19) 5 6 7 (16) 4 2 (10) 9 8 (b)
 8 (19) 4 (11) 25 3. u_i , 6 7 5 6 5 7 13 (19) 5 4 (21) 9 18 3. 8 5 8 9 (10) 2 (10) 16 (16) 0 4 10 2 (16) 5 (20) 6 5 8 2 (16) 5 (13) 9 (16) 2 1 9 4 5 8 9 (19)

$$u_i = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot u_{0i}. \quad (1.1.13)$$

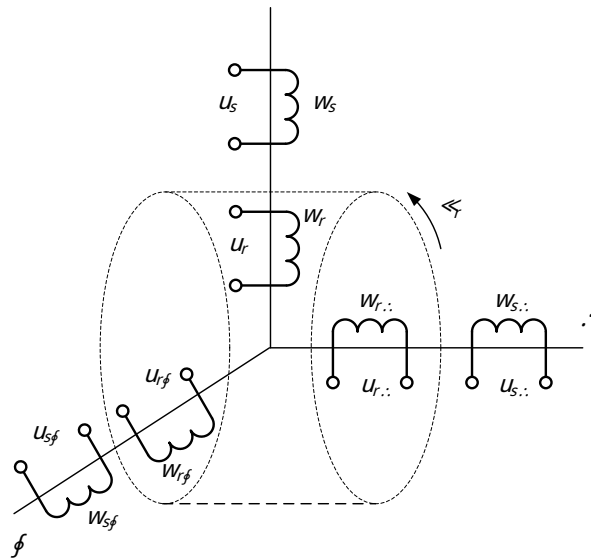
① 9 5 7 (10) 6 5 (15) 8 (19) 89 3 (11) 15 10 2 3 (16) 7 4 (10) (b) (19) 10 10 10 9 8 (b) 15 5 7 (15) 9 4 (11) 3 (19) u (19) u_{ϕ} , 15 9 5 7 18 (16)
 12 (17) 11 19 (16) 7 (19) 10 (a) 9 97 12 1 (10) 4 10 (a) 8 (19) 89 3 10 8 (19) 4 (11) 25 (13) 4 (16) 4 10 2 (16) 5 (20) 6 5 8 2 (16) 5 (13) 9 (16) 2 1 9 4 5 8 9 (19)
 u_{a1}, u_{b1}, u_{c1} . (8) 9 (19) 8 (19) 4 (11) 2 18. 3 5 (14) 10 9 (12) 1 8 9 9 5 6 7 (16) 6 2 (16) 4 18. 6 5 (15) 10 3. 6 (16) 7 1 8 3. 10 7 (10) 4 (16) 19 0 3.
 8 (19) 89 3 18 (1.1.10) 6 5 8 2 (16) 10 3 (16) 4 18 (13) 4 (19) 12 6 (16) 7 3 (16) 4 18 12 u_a, u_b, u_c 4 (11) u_{a1}, u_{b1}, u_{c1} 8 10 4 9 5 3.
 10 8 2 5 (10) (b) (1.1.1).

① (19) 9 5 (14) 6 7 5 (16) 11 3 (19) a) \vec{U}_{ϕ} 5 (12) 5 16 (16) 4 4 5 5 (7) 6 10 2 9 9 (19) 7 10 (a) 16 (16) 5 (13) 6 19 5 7 (11) \vec{U} 4 (11)

(14)(5)6) $\vec{U}_S, \vec{U}_r, \vec{I}_S, \vec{I}_r, \vec{Z}_S, \vec{Z}_r - (2)(14)(6)27(10)4(8)1(19)6(13)6(15)7(8)8(9)5(2)1(13)8, 8589(10)2(16)4(18)(16)(19)8$
 $3(14)4(13)6(14)18(12)(11)4(19)2(0) 6(7)5(16)1(13)9(20) 5(12)5(14)6(16)4(18)12(13)6(19)5(7)5(13)4(1)6(7)(16)4(19)2(0) 95(15)(13)(19)$
 $6595(15)8(3)6(2)4(19)2(0)89(19)57(11)(19)75957(11)4(11)58(19)1557(15)9(4)(19)4(19)45(20)8(19)89(16)3(18).\alpha, \beta, \gamma:$

$$\vec{U}_S = \begin{bmatrix} U_S \\ U_{S\phi} \\ U_{S.} \end{bmatrix}; \vec{I}_S = \begin{bmatrix} i_S \\ i_{S\phi} \\ i_{S.} \end{bmatrix}; \vec{Z}_S = \begin{bmatrix} \cong_S \\ \cong_{S\phi} \\ \cong_{S.} \end{bmatrix}, \quad (1.2.5)$$

$$\vec{U}_r = \begin{bmatrix} U_r \\ U_{r\phi} \\ U_{r.} \end{bmatrix}; \vec{I}_r = \begin{bmatrix} i_r \\ i_{r\phi} \\ i_{r.} \end{bmatrix}; \vec{Z}_r = \begin{bmatrix} \cong_r \\ \cong_{r\phi} \\ \cong_{r.} \end{bmatrix}. \quad (1.2.6)$$



①9(19)8(14)5(1)1(4) - ⑦7(14)2(16)7(4)(11)3(5)(15)2(19)5(5)1(6)4(4)5(20)9(7)(14)2(1)(14)5(20)3(15)(19)4(18).

$R_S, R_r - 3(19)7(19)1(18)(11)9(19)4(18)12(8)5(6)7(5)9(19)2(4)(19)2(4)(19)89(19)57(11)(19)75957(11)$

$$R_S = \begin{bmatrix} r_S & 0 & 0 \\ 0 & r_S & 0 \\ 0 & 0 & r_S \end{bmatrix}; R_r = \begin{bmatrix} r_r & 0 & 0 \\ 0 & r_r & 0 \\ 0 & 0 & r_r \end{bmatrix}. \quad (1.2.7)$$

$L_S, L_r, L_m - 3(19)7(19)1(18)(11)9(19)4(18)12(8)5(6)7(5)9(19)2(4)(19)2(4)(19)89(19)57(11)(19)75957(11)(19)(13)(8)(19)3(4)5(20)$

(19)(15) 41019(19) 4589(19) 891957(11) 75957(11)

$$L_s = \begin{bmatrix} l_s & 0 & 0 \\ 0 & l_s & 0 \\ 0 & 0 & l_s \end{bmatrix}; L_r = \begin{bmatrix} l_r & 0 & 0 \\ 0 & l_r & 0 \\ 0 & 0 & l_r \end{bmatrix}; L_m = \begin{bmatrix} l_m & 0 & 0 \\ 0 & l_m & 0 \\ 0 & 0 & l_m \end{bmatrix}. \quad (1.2.8)$$

B - 65895(14) 418(20) 3(11) 97(19) 4418(20) 152011(19) 13(19) 49.

$$B = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}. \quad (1.2.9)$$

①(11) 2.74(11) 6.819107(11) 4.1(12) (1.2.1) - (1.2.4) B(16) 9(18) 15

$$\begin{aligned} u_s &= r_s i_s + \frac{d\lambda_s}{dt}, \\ u_{s\phi} &= r_s i_{s\phi} + \frac{d\lambda_{s\phi}}{dt}, \\ \left(u_{s.} &= r_s i_{s.} + \frac{d\lambda_{s.}}{dt}, \right. \end{aligned} \quad (1.2.10)$$

$$\begin{aligned} u_r &= r_r i_r + \frac{d\lambda_r}{dt} + \llcorner \lambda_{r\phi}, \\ u_{r\phi} &= r_r i_{r\phi} + \frac{d\lambda_{r\phi}}{dt} - \llcorner \lambda_r, \\ \left(u_{r.} &= r_r i_{r.} + \frac{d\lambda_{r.}}{dt}, \right. \end{aligned} \quad (1.2.11)$$

$$\begin{aligned} \lambda_s &= l_s i_s + l_m i_r, \\ \lambda_{s\phi} &= l_\phi i_{s\phi} + l_m i_{r\phi}, \\ \left(\lambda_{s.} &= l_s i_{s.} + l_m i_{r.}, \right. \end{aligned} \quad (1.2.12)$$

$$\begin{aligned} \lambda_r &= l_r i_r + l_m i_s, \\ \lambda_{r\phi} &= l_r i_{r\phi} + l_m i_{s\phi}, \\ \left(\lambda_{r.} &= l_r i_{r.} + l_m i_{s.}, \right. \end{aligned} \quad (1.2.13)$$

⑨(11) 593(16)445(13)[7, 8, 12], 675(16)113(9) 7(16)10219(19)710(16)12(13)619575(13)4(11)589... :
 (675(15)5219410(a) 589(13)2(11) 3(11)15(19)418), 567(16)6(16)2(16)318(16) 8589(10)2(16)16(19)3(19) 4102(16)5(20)
 6582(16)5(13)9(16)2194589(19)97(16)11(10)218128(19)4(11)25(13) 5(12)11(10)10(a)9(10)95453410(a) 897101910710(8)9(11)
 14(8)99.3.5(15)2(19) 4(16) 8(13)0(8)4(11) 8.589(11)21945(20)14(8)99(a) 65245(20) 3(19)16(19)1914(8)15(20) 3.5(15)2(19)
 5(12)5(16)445(20) 3(11)15(19)418. (19) 4(16) (16)0(8)8(19)9. 4(19) 59. (13)1(5)1) 4(19) 59. 8157589(19) (13)7(16)4(19)b)
 1557(15)94(19)45(20) 8(19)89(16)318. (15)1.7(10)4) 58(19) .: (19) 4(16) 104(8)9(10)69. (13) 11573(19)75(13)4(19)9)
 20(16)19753(10)4(19)945(14)5.3.53(16)49(11) ⑩2(16)5(13)9(16)21945. 20(16)14(8)9(19)3.5(15)2(19)3.5(17)45.104(19)8(13)9(19).
 59(15)21945. 2(19)25. 4(16)104(19)9(13)9(19)15(13)8(16) ① 2053. 82104(10)6(13)8(16) 7(16)883597(16)4418(16)(13)15(16)
 (13)4(15)4(19)6) (13)5(18)0(16)89(13)9(b) (19) 6(16)7(16)3(16)4418(16) 85895(4)1(19)b) 20(16)19753(10)4(19)941812. 15491075(13)
 67(16)589(10)2(16)9. 85(12)5(20) (13) 8(16)6.4589(19) 4(16) 97(16)23(16)7418(16) (11) (15)1023(16)7418(16) (13)6195718.
 ⑩(15)12)4183. (15)2(b) 658975(16)4(19)b) 3.5(15)2(16)0(13) 9(11)153. 82104(10)6(13)2(16)98(b) 3(19)16(19)1914(8)1(19)20)
 (16)6(11)7(19)153.62(16)184181214(8)2[4, 6, 7, 13].

⑪(13)0(13)63. (13)0(13)164. (15)1023(16)741812. (13)619575(13) 4(16)7(16)7(16)4(19)20) 95.15(13) (19)
 659515813(16)2(16)4(19)20)153.62(16)18418(16)6(16)7(16)3(16)4418(16)

$$\begin{cases} \vec{u} = u + j \cdot u_{\phi} \\ \vec{i} = i + j \cdot i_{\phi} \\ \vec{\psi} = \psi + j \cdot \psi_{\phi} \end{cases} \quad (1.2.14)$$

⑫ 104(19)953.(1.2.14) (13)8559(13)989(13)6(13)6195745. 3(19)7(19)144183. 107(10)2(16)4(19)3.(1.2.1)
 - (1.2.4), 3.5(17)45.6589(10)9(19)9(19)8(16)310.153.62(16)1841812107(10)4(16)4(19)20)

$$\begin{aligned} \vec{u}_s &= r_s \vec{i}_s + p \vec{\psi}_s \\ \vec{u}_r &= r_r \vec{i}_r - j \llcorner_r \vec{\psi}_r + p \vec{\psi}_r \\ \vec{\psi}_s &= l_m \vec{i}_s + l_s \vec{i}_s \\ \vec{\psi}_r &= l_m \vec{i}_s + l_r \vec{i}_r \end{aligned} \quad (1.2.15)$$

(14)0(6) $p = 8(19)3(13)52(15)9(11)11(16)7(16)413(19)75(13)4(19)b)$

⑬2(16)10(16)9. 593(16)9(19)9(19)1495. 8(19)89(16)3(11)(1.2.15) (18)6(19)8(14)11) (15)2(b) (16)95735(17)16)445(20)
 3(11)15(19)418. (13)4(16)5(15)0(9)7)45(20)59458(19)9(16)21945. 89(11)957(11)8(19)89(16)3(16)1557(15)94(19)α, φ. ① 2053.

①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩⑪⑫⑬⑭⑮⑯⑰⑱⑲⑳㉑㉒㉓㉔㉕㉖㉗㉘㉙㉚㉛㉜㉝㉞㉟㊱㊲㊳㊴㊵㊶㊷㊸㊹㊺㊻㊼㊽㊾㊿

$$\vec{l}_{sk} = \vec{l}_s \cdot e^{j:k}, \quad (1.2.18)$$

$$\vec{l}_s = \vec{l}_{sk} \cdot e^{j:k}. \quad (1.2.19)$$

①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩⑪⑫⑬⑭⑮⑯⑰⑱⑲⑳㉑㉒㉓㉔㉕㉖㉗㉘㉙㉚㉛㉜㉝㉞㉟㊱㊲㊳㊴㊵㊶㊷㊸㊹㊺㊻㊼㊽㊾㊿

$$\vec{u}_s \cdot e^{j:k} = r_s \vec{l}_s \cdot e^{j:k} + e^{j:k} \cdot \frac{d\psi_s}{dt}, \quad (1.2.20)$$

$$\vec{u}_r \cdot e^{j:k} = r_r \vec{l}_r \cdot e^{j:k} - j \cdot \vec{\psi}_r \cdot e^{j:k} + e^{j:k} \cdot \frac{d\psi_r}{dt}. \quad (1.2.21)$$

①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩⑪⑫⑬⑭⑮⑯⑰⑱⑲⑳㉑㉒㉓㉔㉕㉖㉗㉘㉙㉚㉛㉜㉝㉞㉟㊱㊲㊳㊴㊵㊶㊷㊸㊹㊺㊻㊼㊽㊾㊿

$$\vec{\psi}_s = \vec{\psi}_{sk} \cdot e^{j:k}, \quad \vec{\psi}_r = \vec{\psi}_{rk} \cdot e^{j:k}; \quad \vec{u}_s \cdot e^{j:k} = \vec{u}_{sk}, \quad \vec{u}_r \cdot e^{j:k} = \vec{u}_{rk}; \quad (1.2.22)$$

$$\vec{l}_s \cdot e^{j:k} = \vec{l}_{sk}, \quad \vec{l}_r \cdot e^{j:k} = \vec{l}_{rk}; \quad \frac{d:j}{dt} = \llcorner_k. \quad (1.2.23)$$

①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩⑪⑫⑬⑭⑮⑯⑰⑱⑲⑳㉑㉒㉓㉔㉕㉖㉗㉘㉙㉚㉛㉜㉝㉞㉟㊱㊲㊳㊴㊵㊶㊷㊸㊹㊺㊻㊼㊽㊾㊿

$$\vec{u}_{sk} = \vec{l}_{sk} \cdot r_s + j \cdot \llcorner_k \vec{\psi}_{sk} + \frac{d\psi_{sk}}{dt}, \quad (1.2.24)$$

$$\vec{u}_{rk} = \vec{l}_{rk} \cdot r_r + j \cdot (\llcorner_k - \llcorner_r) \vec{\psi}_{rk} + \frac{d\psi_{rk}}{dt}. \quad (1.2.25)$$

①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩⑪⑫⑬⑭⑮⑯⑰⑱⑲⑳㉑㉒㉓㉔㉕㉖㉗㉘㉙㉚㉛㉜㉝㉞㉟㊱㊲㊳㊴㊵㊶㊷㊸㊹㊺㊻㊼㊽㊾㊿

$$\vec{\psi}_{sk} = l_m \vec{l}_{rk} + l_s \vec{l}_{sk}, \quad (1.2.26)$$

$$\overrightarrow{\psi}_{rk} = I_m \overrightarrow{t}_{sk} + I_r \overrightarrow{t}_{rk}, \quad (1.2.27)$$

⑤ 53.62⁽¹⁶⁾ 18418⁽¹⁶⁾ 107^{(1024)(164)(19b)} (1.2.24) - (1.2.27) 56^{(19)818(18)(1a)} 9. 5^{(125)(16)(164)110a)}
 202^{(16)197(19)14(8)110a)} 3^{(115)(19)410(135)(137)(16)(11a)16(160)8b)} 8⁽¹⁹⁾⁸⁹⁽¹⁶³⁾⁽¹⁶⁾ 1557⁽¹⁵⁾⁹⁴⁽¹⁹⁾. ① (15) 2194⁽¹⁶⁾¹⁵⁽¹⁶³⁾
 (194)(15)618k 6.7⁽¹⁹⁾ 153.62⁽¹⁶⁾ 1841812.6⁽¹⁶⁾⁷⁽¹⁶³⁾⁽¹⁶⁴⁾⁴¹⁸¹²⁽¹⁴⁰⁾⁽³⁾⁶³. 561081⁽¹⁹⁾¹⁹⁽¹⁶⁷⁾⁽¹⁹⁾⁵⁷⁽¹⁹⁾⁶⁵²⁽¹⁰⁾⁽¹⁰⁾ 1495⁽¹³⁸⁾⁽¹⁶⁾
 3.5⁽¹⁵⁾⁶²⁽¹⁹⁾ 7^{(1883)(197)(19)(1a)98b)(135)(137)(16)(11a)16(160)8b)} 8. 6.75^{(19)(8)52194.5(20)} 815758919a) 8⁽¹⁹⁾⁸⁹⁽¹⁶³⁾⁽¹⁶⁾
 1557⁽¹⁵⁾⁹⁴⁽¹⁹⁾. ⑦ 86521910b) 7^{(1024)(19)14(8)110a)} 1157318. (16)6(19)8(19) 153.62⁽¹⁶⁾ 1841812. 14⁽¹⁹⁾⁸⁽¹⁶²⁾
 ((112)(16)27(10)14(8)110a) 97^{(19)5453(19)14(8)110a)} 65.1^{(108)9(16)219410a)}, 3.5⁽¹⁷⁾⁴⁵. 2⁽¹⁶⁾⁴⁵.
 6⁽¹⁶⁾⁷⁽¹²⁵⁾⁽¹⁵⁾⁹¹⁹⁽¹⁹⁾⁸⁽¹⁵⁾⁶¹⁽¹¹⁷⁾⁹⁵⁽¹³⁵⁾⁽²⁰⁾⁸⁽¹⁹⁾⁸⁹⁽¹⁶³⁾¹⁸. 1557⁽¹⁵⁾⁹⁴⁽¹⁹⁾. 1.652^{(b)745(20)(19)5(12)7(19)4.5}. 9⁽¹¹⁾. 1⁽¹¹⁾⁵⁽¹²⁾⁶⁾
 20⁽¹⁹⁾⁸⁽¹⁹⁾⁸⁹⁽¹⁶³⁾¹⁸. 1257515.5. 8514^{(16)9(1a)98b)} 8. 153.62⁽¹⁶⁾ 184183. 6.7⁽¹⁶⁾⁵⁸⁹⁽¹⁰⁾²⁽¹⁶⁴⁾⁽¹⁹⁾⁶³. 6⁽¹⁶⁾⁷⁽¹⁶³⁾⁽¹⁶⁴⁾⁴¹⁸¹².
 ⑭ 7⁽¹⁹⁾ 7⁽¹⁸⁸³⁾⁵⁹⁷⁽¹⁶⁴⁾⁽¹⁹⁾⁹⁾ 3⁽¹¹⁹⁾⁶³⁽¹⁹⁾¹⁴⁽⁸⁾¹⁵⁽²⁰⁾ 3.5⁽¹⁵⁾⁶²⁽¹⁹⁾ (18)1941275445(20) 3⁽¹¹⁵⁾⁽¹⁹⁾⁴¹⁸. 8.
 1575915⁽¹⁶⁾³. 14109183. 7595753, 6.7^{(19)4(19)3(10)98b)} $\overrightarrow{u}_r = 0$. ③ 2^(b) 2095⁽¹⁵⁾. 82104^(1b) 8⁽¹⁹⁾⁸⁹⁽¹⁶³⁾⁽¹¹⁾
 107^{(1024)(164)(19)202(16)19753(10)4(19)14(8)110a)} 15491075⁽¹³⁾ 6.7⁽¹⁹⁾³⁽¹⁶⁹⁾⁽¹⁸⁾¹³⁾

$$\begin{aligned} \overrightarrow{u}_s &= \overrightarrow{t}_s \cdot r_s + j \llcorner_k \overrightarrow{\psi}_s + \frac{d\overrightarrow{\psi}_s}{dt}, \\ 0 &= \overrightarrow{t}_r \cdot r_r + j \llcorner_k \overrightarrow{\psi}_r + \frac{d\overrightarrow{\psi}_r}{dt}, \\ \overrightarrow{\psi}_s &= I_m \overrightarrow{t}_r + I_s \overrightarrow{t}_s, \\ \overrightarrow{\psi}_r &= I_m \overrightarrow{t}_s + I_r \overrightarrow{t}_r. \end{aligned} \quad (1.2.28)$$

⑥ 2⁽¹⁶⁾¹⁰⁽⁹⁾. 593⁽¹⁶⁹⁾¹⁹⁹¹⁹. 1495. 107^{(1024)(164)(19b)} 8⁽¹⁹⁾⁸⁹⁽¹⁶³⁾¹⁸. (1.2.28) 86.7⁽¹⁰⁾⁽¹⁰⁾⁵²⁽¹⁹⁾¹⁸. 1⁽¹¹⁾. 6.7⁽¹⁹⁾
 (155)6106⁽¹⁶⁴⁾⁽¹⁹⁾⁹⁾ 65895^{(b)489(18)1)} 6⁽¹¹⁾⁷⁽¹³⁾⁽¹⁶⁾⁹⁷⁵⁽¹³⁾ 3⁽¹¹⁵⁾⁽¹⁹⁾⁴¹⁸. 9⁽¹¹⁾. (19) 6.7⁽¹⁹⁾ 104⁽⁹⁾¹⁶⁾ 7⁽¹⁰²⁴⁾¹⁴⁴¹⁸¹².
 20.111⁽¹⁶⁾¹⁹⁵⁽¹³⁾ (4⁽¹⁸⁾⁸¹⁶⁽¹⁶⁴⁾⁽¹⁹⁾⁶⁾ (142)(1024)5(20) 3⁽¹⁰⁾⁴⁽¹⁹⁾⁹⁴⁵⁽²⁰⁾ 13⁽¹⁶⁾⁽¹⁹⁾ (1389)684⁽¹⁶⁴⁾⁽¹⁹⁾⁶⁾ 95.1⁽¹¹⁾ 75957⁽¹¹⁾⁽¹⁹⁾
 6.7514⁽⁶⁾⁹⁾ 6.7⁽¹⁹⁾³⁵⁽¹⁵⁾¹⁶⁽¹⁹⁾². 1. (19)83⁽¹⁶⁴⁾⁽¹⁶⁴⁾⁽¹⁹⁾⁶³. 20⁽¹⁹⁾². 6⁽¹¹⁾⁷⁽¹³⁾⁽¹⁶⁾⁹⁷⁵⁽¹³⁾ ⑧ 14⁽⁹⁾. 20⁽¹⁹⁾². 20.111⁽¹⁶⁾¹⁹⁵⁽¹³⁾
 65^{(15)75(12)45.56(19)814(13)[6, 7]}.

① (19)95⁽¹⁴⁾⁵⁽¹²⁾⁶⁾⁸ 659⁽¹⁶⁾⁷⁽¹⁹⁾⁵⁽¹⁶⁾⁴⁵⁸⁹⁽¹⁹⁾⁷⁽¹⁸⁸¹⁰⁾⁽⁷⁾⁽¹⁵⁾⁴⁽¹⁹⁾²⁰⁾ 318. 6^{(16)7(15)2(19)59.8(19)89(163)18}. (1.2.1)
 - (1.2.4) 1. 8⁽¹⁹⁾⁸⁹⁽¹⁶³⁾⁽¹⁶⁾ (1.2.28). ⑭ 7⁽¹⁹⁾ 20953. 1557^{(15)94(19)14(8)110a)} 9418⁽¹⁶⁾ 6.7^{(16)5(12)7(10)5(18)4(19b)(19)3(16a)9}.
 (157)(10)55. 3^{(164)(16)6(14)753.5(18)5(19)20(18)15)} (125)2195.10a) 11^{(19)8(14)8110a)} 4⁽¹⁰⁾²⁽⁴⁾⁵⁴⁵⁸⁹⁹⁽¹⁹⁾ 2⁽¹⁶⁾⁴⁵⁸⁹⁹.
 (14)53⁽¹⁶⁾⁹⁷⁽¹⁴⁾⁸¹⁵⁽²⁰⁾ (19)49^{(16)76.7(9)113(19)9)} 14⁽¹⁶⁾³. 6.7^{(16)5(12)7(10)5(18)4(19b)} 6.7⁽¹⁹⁾¹⁽¹⁶⁾⁴⁽¹⁶⁾⁴⁴¹⁸⁽¹⁶⁾ (13) [6, 7].
 ③ (19)111⁽¹⁶⁾⁷⁽¹⁴⁾¹³⁽⁹⁾ 219418⁽¹⁶⁾ 107^{(1024)(164)(19b)} 9⁽¹¹⁾⁽¹⁷⁾¹⁶⁾ 6.7⁽¹⁶⁾⁵⁸⁹⁽¹⁰⁾²⁽¹⁶⁴⁾¹⁸. (13)(125)2(16)6) 6.758953. (18)15)6) 65.

87.1(1)2(1)2(1)2(1)a) 8.1(1)6) 195745. 3(1)97.1(1)9)44183(1)9)107.1(1)3(1)2(1)2(1)b)3(1)9) 6.7(1)9)3(1)6(1)6)44183(1)9)13) [6, 7]. ©753(1)6) 2095.4. 153.62(1)6)1845(1)6)6.7(1)6)89.1(1)3(1)2(1)2(1)6)5(1)6)7(1)6)3(1)6)4418125(1)2)6)86(1)4(1)9)3(1)6)9)6.75895(2)0)6(1)6)7(1)4)25(1)5)59. (1)5)6(1)1)795(1)8)12. 1557(1)5)4(1)9). 1. 652(1)6)74183. (1)3(1)9)2(1)9)4(1)5)7(1)9)14(1)8)1(1)9)3) (1)9) 4(1)5(1)2)5)759. (1)6)1) 814(1)9). (1)9)865219(1)5(1)3)4(1)9)6)7(1)0)2(1)9)441812(1)3)9)5(1)3(1)6)6(1)9)8)9)153.62(1)6)184181214)8(1)2)4)4]. ©7(1)1)1(1)9)3) 5(1)2)7(1)0)5)3, (1)9)865219(1)5(1)3)4(1)9)6) (1)6)6(1)7(1)9)11) 153.62(1)6)1841812. 11104.113(1)9)2) (1)8)1(1)4)9)9)16)21945. 106.7516(1)0)9). (1)3)9)5) 3.5(1)5)6)2(1)6)0)19)19)2(1)2(1)4(1)2(1)9)8)

1.3 ©3(1)2)6(1)0) 11573102(1)1) 202(1)6)1975. 3(1)0)4(1)9)945(1)5). 3.53(1)6)4)9(1)1) ©8)7(1)0)2(1)6)2(1)9)6) (1)5)9)9)7(1)6)2(1)9)b)

©13(1)5)4)5(2)0)19)8(1)3)0)7)4(1)6)0)5(1)9)2(1)3)6)2(1)9)14)9)4. 12(1)7(1)1)1)9)6)7(1)9)10)a)16(1)9)12.67513(1)6)88.6.7(1)6)5(1)2)7(1)0)5(1)3)4(1)9)b) 201(1)6)7(1)0)9) (1)6)3)2(1)6)9)8(1)b) 202(1)6)19753(1)0)4(1)9)9418(2)0) 3.53(1)6)4)9. 3(1)1)5(1)9)4)18. ©12(1)0)9)2)5)2(1)6)6) 11(1)9)8)9)14(1)8)1(1)9) 4(1)0)2(1)6)5)4)18(2)0)6109)9)5)6)7(1)6)6)2(1)6)4(1)9)b) 202(1)6)19753(1)0)4(1)9)945(1)5). 3.53(1)6)4)9(1)1)1)2)0)9)7)1)0)9)8(1)b) 4(1)1)1)2(1)1)2(1)9)8)6) 8(1)9)2. (1)3)5(1)8)3)0)89(1)1)0)a)16(1)9)2. 4(1)1)1)6)75(1)3)5)4(1)9)1). 8. 95.153. (1)3) 3(1)0)4(1)9)9453. 652(1)6) ©1)3(1)6)89(1)6) 8. 9(1)6)3. 8(1)0)6(1)6)89(1)1)0)9). (1)9) (1)5)7)1)0)4)5(2)0) 6109)9. 56.7(1)6)6)2(1)6)4(1)9)b) 202(1)6)19753(1)0)4(1)9)945(1)5). 3.53(1)6)4)9(1)1) 3(1)1)5(1)9)4)18, (1)2)0)9)7)1)0)a)16(1)9)2)8)b) 4(1)1)1)2(1)1)2(1)9)8)6) 107(1)0)2(1)6)2(1)6)2)0)1(1)6)7(1)0)9)9)14(1)8)1)5(1)5) (1)2)2(1)1)2(1)4)8(1)1) [6, 7].

① 2(1)a)1)2)5(1)6) 3(1)4)5(1)3)6)2(1)9)6) (1)3)7(1)6)3(1)6)2(1)9) 8(1)0)3(1)1)7)4(1)0)b) 3.516.45899. $p_{\check{r}}$ 6597(1)6)2(1)6)3(1)0)b) 7(1)8)83(1)9)7(1)9)3)0)6)3)5(2)0) (1)9)5)6)1)2(1)9)8)9)75(1)3)4)4)5(2)0) 3(1)1)5(1)9)4)5(2)0) 59. (1)9)895144(1)9)1)5(1)3) 6(1)9)9)1)4(1)9)b) 7(1)0)2(1)1)1) 8(1)0)3(1)6)3(1)4)2(1)4(1)9)1)1)8)1)5(2)0)3.516.45899) $p_{3(1)4)2}$ 3.516.45899)659(1)6)7)1)9(1)3)5(1)2)3)591(1)2)89(1)9)5)7(1)1)1) $\check{a}p_{s,202}$. (1)9)75957(1)1)1) $\check{a}p_{r,202}$. (1)9)675(1)9)8)3)5(1)5)4)5(2)0)201(1)6)7(1)0)9)3(1)0)4(1)9)941812.652(1)6)0)3(1)1)5(1)9)4)18. w_6 65(1)3)7(1)6)3(1)6)2(1)9) $p_{\check{r}} = dw_{\check{r}}/d\check{r}$. ©14)9)9)8(1)3)0)b) 1495(1)3)5(1)4)6(1)6)3. 82104(1)0)6)3.516.45899) $p_{\check{r}}$ 7(1)0)2(1)1)1) 8(1)0)3(1)6)3.516.45899(1)6)9) 6597(1)6)2(1)6)3)1812. 59. (1)9)895144(1)9)1)5(1)3) 6(1)9)9)1)4(1)9)b) 5(1)2)3)595.1. 89(1)9)5)7(1)1)1) (p_s) (1)9) 75957(1)1)1) (p_r), (1)6)6(1)9)5(1)6)3. 107(1)0)2(1)6)2(1)6)2)0)1(1)6)7(1)0)9)9)14(1)8)1)5(1)5) (1)2)2(1)1)2(1)4)8(1)1)3(1)1)5(1)9)4)18(1)3(1)3)9)5)6)

$$p_s + p_r = p_{6.} + p_{3(1)4)2} + \check{a}p_{s,202} + \check{a}p_{r,202}. \quad (1.3.1)$$

©4)5(1)7)5(1)2)4)18(2)0)1)2(1)2(1)9)8)8589(1)0)2(1)6)b) 16(1)9)2(1)1)8)7(1)0)7(1)6)2(1)9)b) (1.3.1), 56(1)9)8(1)1)4)4)18(2)0)13) [74, 75], 65(1)6)5)2(1)6)9)6.52104)9)9)5)1)5)4)1)4)9)1)6)2)1945(1)6)1)3)8)7(1)0)7(1)6)2(1)9)b)15)2(1)6)202(1)6)19753(1)0)4(1)9)945(1)5). 3.53(1)6)4)9(1)1) 5(1)2)5(1)1)6(1)4)4)5(2)0)202(1)6)197(1)9)14(1)8)1)5(2)0)3(1)1)5(1)9)4)18.

$$m_{(8)} = \underline{L}_r \cdot \underline{B} \cdot \underline{I}_r = \underline{\underline{z}}_{ry} \cdot i_{rx} - \underline{\underline{z}}_{rx} \cdot i_{ry} \quad (1.3.2)$$

$\sim 4^{(11)} 25^{(14)} 1445^{(16)} 11573102^{(16)} (1.3.2) 35^{(17)} 45^{(17)} 67^{(19)} 89^{(19)} 20^{(13)} 12^{(16)} 19418^{(16)} (13) 17^{(19)} 4918^{(16)}$
 $(13) 7^{(10)} 16^{(14)} (19) b) 20^{(16)} 19753^{(10)} 4^{(19)} 945^{(15)} 353^{(16)} 19^{(11)} (13) (13) 9^{(16)} 81^{(12)} b) 741812^{(16)} 675^{(19)} 8^{(16)} 6^{(15)} 4^{(19) 20}$
 $(13) 6^{(19)} 19575^{(13)} (8) 9^{(19)} 1157310218^{(16)} 35^{(17)} 45^{(17)} 652104^{(19)} 99^{(8)} 8^{(10)} 4^{(13)} 107^{(10)} 12^{(16)} 16^{(14)} (19) 20) 8^{(13)} (13) b) 9515^{(13)} (19)$
 $659515813^{(16)} 2^{(16)} 16^{(14)} (19) 20) [6, 7]:$

$$\begin{aligned}
 m_{(8)} &= \underline{Z}_r \cdot \underline{B} \cdot \underline{\vec{I}}_r = \underline{\underline{z}}_{ry} \cdot i_{rx} - \underline{\underline{z}}_{rx} \cdot i_{ry}, \\
 m_{(8)} &= \underline{B} \cdot \underline{Z}_s \cdot \underline{\vec{I}}_s = \underline{\underline{z}}_{sx} \cdot i_{sy} - \underline{\underline{z}}_{sy} \cdot i_{sx}, \\
 m_{(8)} &= \underline{B} \cdot \underline{Z}_m \cdot \underline{\vec{I}}_s = \underline{\underline{z}}_{mx} \cdot i_{sy} - \underline{\underline{z}}_{my} \cdot i_{sx}, \\
 m_{(8)} &= \underline{B} \cdot \underline{Z}_m \cdot \underline{\vec{I}}_r = \underline{\underline{z}}_{my} \cdot i_{rx} - \underline{\underline{z}}_{mx} \cdot i_{ry}, \\
 m_{(8)} &= k_s \cdot (\underline{B} \cdot \underline{Z}_s \cdot \underline{\vec{I}}_r) = k_s \cdot \left(\underline{\underline{z}}_{sy} \cdot i_{rx} - \underline{\underline{z}}_{sx} \cdot i_{ry} \right), \\
 m_{(8)} &= k_r \cdot (\underline{B} \cdot \underline{Z}_r \cdot \underline{\vec{I}}_s) = k_r \cdot \left(\underline{\underline{z}}_{rx} \cdot i_{sy} - \underline{\underline{z}}_{ry} \cdot i_{sx} \right), \\
 m_{(8)} &= l_s^1 \cdot (\underline{B} \cdot \underline{Z}_m \cdot \underline{\vec{I}}_s) = l_s^1 \cdot \left(\underline{\underline{z}}_{mx} \cdot i_{sy} - \underline{\underline{z}}_{my} \cdot i_{sx} \right), \\
 m_{(8)} &= l_r^1 \cdot (\underline{Z}_m \cdot \underline{B} \cdot \underline{\vec{I}}_r) = l_r^1 \cdot \left(\underline{\underline{z}}_{my} \cdot i_{rx} - \underline{\underline{z}}_{mx} \cdot i_{ry} \right), \\
 m_{(8)} &= l_{20}^1 \cdot (\underline{Z}_s \cdot \underline{B} \cdot \underline{\vec{I}}_r) = l_{20}^1 \cdot \left(\underline{\underline{z}}_{sy} \cdot i_{rx} - \underline{\underline{z}}_{sx} \cdot i_{ry} \right), \\
 m_{(8)} &= l_m \cdot (\underline{\vec{I}}_s \cdot \underline{B} \cdot \underline{\vec{I}}_r) = l_m \cdot (i_{sy} \cdot i_{rx} - i_{sx} \cdot i_{ry}),
 \end{aligned} \quad (1.3.3)$$

$(14) 16) \underline{Z}_m - (13) 6) 1957: 8952^{(12)} 13: 659515813^{(16)} 2^{(16)} 16^{(14)} (19) 20) 4^{(11)} 3^{(10)} 4^{(19)} 14^{(19)} 8) 4^{(19) b) [6, 7]:$

$k_s, k_r, l_s, l_r, l_{20} - 1520111^{(19)} 13^{(19)} 64918, 85^{(12)} 2^{(11)} 845: 67^{(19)} 25^{(17)} 16^{(14)} (19) b) 3. \textcircled{1} \textcircled{2}$

$\textcircled{16} 559^{(10)} 989^{(10)} 10^{(16)} 16^{(19) 6) 11573102^{(13)} (1.3.3) (13) 7^{(10)} 16^{(14)} (19) b) (15) 2, b) 20^{(16)} 19753^{(10)} 4^{(19)} 945^{(15)}$

$353^{(16)} 49^{(11)} 14^{(16)} 7^{(16) 8) 15362^{(16)} 8418^{(16)} 6^{(16)} 7^{(16) 3) (16) 16) 19) 3^{(16) a) 9^{(13) 4) 5) [6, 7]:$

$$\begin{aligned}
 m_{(8)} &= \text{Im}[\underline{\vec{\psi}}_r \cdot \underline{\dot{\vec{t}}}_r], & m_{(8)} &= \text{Im}[k_r \underline{\vec{\psi}}_r \cdot \underline{\dot{\vec{t}}}_s], \\
 m_{(8)} &= \text{Im}[\underline{\dot{\vec{\psi}}}_s \cdot \underline{\vec{t}}_s], & m_{(8)} &= \text{Im}[l_s^1 \underline{\dot{\vec{\psi}}}_m \cdot \underline{\vec{\psi}}_s], \\
 m_{(8)} &= \text{Im}[\underline{\dot{\vec{\psi}}}_m \cdot \underline{\vec{t}}_s], & m_{(8)} &= \text{Im}[l_r^1 \underline{\dot{\vec{\psi}}}_m \cdot \underline{\vec{\psi}}_r], \\
 m_{(8)} &= \text{Im}[\underline{\vec{\psi}}_m \cdot \underline{\dot{\vec{t}}}_r], & m_{(8)} &= \text{Im}[l_s^1 \underline{\vec{\psi}}_s \cdot \underline{\dot{\vec{\psi}}}_r], \\
 m_{(8)} &= \text{Im}[k_s \underline{\vec{\psi}}_s \cdot \underline{\dot{\vec{t}}}_r], & m_{(8)} &= \text{Im}[l_m \underline{\vec{\psi}}_s \cdot \underline{\dot{\vec{t}}}_r].
 \end{aligned} \quad (1.3.4)$$

① (13) 18.7(10)7(16)4(19)b12(1.3.4) 9514(11)4(10)5)153.62(16)184183.14(19)8253. 5(18)1(14)10)9. 1495.14(19)825.
 153.62(16)1845. 8567(10)7(16)4(19)b14.5(16) ⑭ 7(19)8(16)5)4(14)18(16) 1157310218. 65(18)5(14)a)9. (13) 1(10)7(15)53.
 154.1.7(16)9453. 82104(10)6)138(12)7(11)9194(10)9)2)52(16)6)6.7(19)6)3.2(16)318(20)13)17(19)49(13)8.7(10)7(16)4(19)b)3.53(16)49(11)

③ 2.b)658975(16)4(19)b)65245(20)3(19)6)3(11)9)14(8)15(20)3.5(15)6)2(19)3(11)5(19)418. 1(11)106.7(10)3)2(16)6)3.5(14).
 20(16)19753(10)2)4(19)9)14(8)15(20)5.6.7(16)5(12)7(10)5(13)9)2.b)20(16)7(14)9)9)4.5(12)5(15)9)3.5.8(19)89(16)310107(10)3)4(16)4(19)20)
 20(16)19753(10)2)4(19)9)14(8)15(20)5.6.7(16)5(12)7(10)5(13)9)2(19)b)4(19)b)
 20(16)7(14)9)15)56524(19)9)9.107(10)3)4(16)4(19)b)3(19) 3(14)2)4(19)14(8)15(14). (15)8)9)7(16)4(19)b) 75957(11) ③ 2.b)82104(10)6)

$J = const:$

$$\frac{d \ll}{dt} = J^{-1} \cdot (m_{(8)T} m_C), \quad (1.3.5)$$

$$\frac{d: :}{dt} = \ll \quad (1.3.6)$$

(14)5)6) J (19) $m_C - 6.7(19)8(16)5)4(14)18(16)1. (13)1)210(15)3)9)4)9)2.b)59458(19)9)219418(16)12(11)14(19)b)3.53(16)49(11)$
 (19)4(16)713(19)9)3(14)2)4(19)9)14(8)15(20)8(19)89(16)318(19)3.53(16)49(11)89(19)9)14(8)15(14). 856759(19)3)2(16)4(19)b)

① (19)95(14)5) (15)56524(19)3) 8(19)89(16)310. (1.2.28) 4(10)9)2)52(16)6) 10(15)5(12)4183. (13)8.7(10)7(16)4(19)b)3.
 20(16)19753(10)2)4(19)9)14(8)15(20)5. 3.53(16)49(11) (19) 107(10)3)4(16)4(19)b)3. (15)8)9)7(16)4(19)b) 318. 652104(19)3. 652410(a)
 3(11)9)3(11)9)14(8)110(a) 3.5(15)6)219(18)19)41275445(20)97(14)21(10)2)45(20)3(11)5(19)418. 8.1575915(16)13.14109183.
 7595753. (13)5(13)7(16)1(10)a)16(16)8(b)8.6.75(19)8)5)21945(20)8157589(9)a) 8(19)89(16)3(16)1557(15)9)4(11)9. ①(13)5(15)b)
 7(10)2)4(14)18(16)1095144(16)4(19)b)(19)(15)56106(16)4(19)b) 318. 3.5(17)1)3. 652104(19)9(19)8)(19)8125(15)45(20) 5(14)6(16)0)
 8(19)89(16)318. 2(a)1)48(16)10(15)5(12)418(16)4(11)3. 3.5(15)6)2(19)

2 ⑪(11) 9.(16) 3.(11) 9.(19) 14.(16) 8. 1.(19)(16) 3. 5.(15)(16) 2.(19) (19) 8. 9. 7. 10. 1. 9. 10. 7. 4. 1.
 (15)(13)(19)(14)(11) 9.(16) 2. (b) (13) (15)(16) 1. (11) 7. 9. 5. (13) 5.(20) 8. (19) 8. 9. (16) 3. (16) 1. 5. 5. 7. (15)(19) 4. (11) 9.

2.1 ⑪(11) 9.(16) 3.(11) 9.(19) 14.(16) 8. 1. (11)(b) 3. 5.(15)(16) 2. 19. (19) 8. 9. 7. 10. 1. 9. 10. 7. 4. 1.
 (15)(13)(19)(14)(11) 9.(16) 2. (b) (13) 6. 5. 2. 4. 18. 12. 6. (16) 7. (16) 3. (16) 4. 4. 18. 12.

① 5845(16)(15) 2194(16)(15) 12.(19) 882(16)(15) 4.(19)(20) 2.(16)(19) 9. 6. 7.(16) 25.(17)(16) 4. 4.(11)(b) 1315(16) 8. 89. 13(11)
 107(11)(14)(16)(19)(20) (1.2.28). ① (15) 445(20) (14)(11)(16) 6.(17)(13)(16) 9718. 3.(115)(19) 418. (12)(15)(10)(16) 109. 84. 9. 1. 9. 13.(b)
 65895.(b) 44183(19) ⑭ 7.(19)(13)(16) 3. (19) 825.(15) 410(a) 8. 89. 13(11) 153. 62.(16) 1841812. 107(11)(14)(16)(19)(20) 8.
 65.(b) 84.(16)(19)(13)(19)

$$\begin{aligned} \vec{u}_s &= r_s \vec{t}_s + j \llcorner_k \vec{\psi}_s + \rho \vec{\psi}_s, \\ 0 &= r_r \vec{t}_r + j (\llcorner_k \llcorner) \vec{\psi}_r + \rho \vec{\psi}_r, \\ \vec{\psi}_s &= l_s \vec{t}_s + l_m \vec{t}_r, \\ \vec{\psi}_r &= l_m \vec{t}_s + l_r \vec{t}_r, \end{aligned} \tag{2.1.1}$$

(14)(16) $l_s - 6524(11)(b)(19) 4(1019) 19(15) 3(4589) 9(89) 9(57) 11(18) 19(4127) 5(44) 5(20) 3(115) 19(418)$
 $l_r - 6524(11)(b)(19) 4(1019) 19(15) 3(4589) 9(75) 9(57) 11(18) 19(4127) 5(44) 5(20) 3(115) 19(418)$
 $l_m - (13)(10) 3. 4.(11)(b)(19) 4(1019) 19(15) 3(4589) 9(89) 9(57) 11(19) 7(59) 7(11)$
 $\rho - 8(19) 3(13) 52.(15) 9(11) 11(16) 7(14) 13(19) 7(5) 4(19)(b)$

$$l_s = l_s + l_m \tag{2.1.2}$$

$$l_r = l_r + l_m \tag{2.1.3}$$

(14)(16) $l_s / r - (19) 4(1019) 19(15) 3(4589) 9(7) 8(16) 14(19) 5(12) 3(5) 9(1) 89(1) 9(57) 11(19) 7(59) 7(11)$
 ① 57310218. 20(16) 19753(10) 4(19) 9(4) 5. 3. 53(16) 4(9) 11(13) 59458(19) 9(16) 21941812. (16)(19) 4(13) 12. (15)(b)
 3(115)(19) 418. 8. 1575915(18) 3. 14109183. 7595753. (19) 65895.(b) 44183(19) 6.(17)(13)(16) 9713(19) 14.(17)(16) 8
 153. 62.(16) 18418(16) 6.(16) 7(16) 3(16) 4418(16) 19(13) 9(13) 9(5)

$$\begin{aligned}
m_{(s)} &= l_m \operatorname{Im}[\vec{t}_s \cdot \dot{\vec{t}}_r], & m_{(s)} &= \operatorname{Im}[\vec{t}_s \cdot \dot{\vec{\psi}}_s], \\
m_{(s)} &= \frac{k_r}{l'_s} \cdot \operatorname{Im}[\vec{\psi}_s \cdot \dot{\vec{\psi}}_r], & m_{(s)} &= k_r \operatorname{Im}[\vec{t}_s \cdot \dot{\vec{\psi}}_r], \\
m_{(s)} &= \operatorname{Im}[\dot{\vec{t}}_r \cdot \vec{\psi}_r], & m_{(s)} &= k_s \operatorname{Im}[\dot{\vec{t}}_r \cdot \vec{\psi}_s].
\end{aligned} \tag{2.1.4}$$

(14)(16) $\dot{\vec{t}}_r, \vec{\psi}_s, \dot{\vec{\psi}}_r$ - (16) 89. 153.62(16) 184.5. 856.7(16) 1162(16) 4.418(16) 8. $\vec{t}_r, \vec{\psi}_s, \vec{\psi}_r$ 6(16) 7(16) 3(16) 4.418(16) 855.9(16) 989(16) 4.45.

(16) 2(16) 10(16) 5.93(16) 9(16) 1495. 153.62(16) 184.18(16) 6(16) 7(16) 3(16) 4.418(16) 3.5(16) 10(16) 18.9(16) 96.7(16) 5.89(16) 2(16) 4.18.
(13) 97(14) 2. 7(10) 2(19) 4.418(12). 11573(11) 2. 65.1(10) 9(16) 2194.5(20) (12) 2(14) 6(12) 7(10) 14(16) 815(20) (19)
97(19) 5.453(16) 97(19) 14(16) 815(20) \cap 2(14) 6(12) 7(10) 14(16) 81(10) 11573(11) 10(15) 5(12) 4(11) 6.7(19) 652(10) 4(16) 1(19) 9) 3.5(15) 2(16) 2(13)
(13) 6(11) 7.95(13) 5(20) 8(19) 89(16) 3(16) 155.7(13) 9(11) 9. (14) 5.1(10) 9(16) 2194(10) (19) 97(19) 5.453(16) 97(19) 14(16) 81(10) 11573(18).
10(15) 5(12) 4.18. 6.7(19) 7(11) 883.597(16) 1(19) 9) 3.5(15) 2(16) 2(13) 652(10) 7(16) 4.18(12). 155.7(13) 9(11) 9(11) 12.

(18) 7(10) 2(16) 1(19) 2.1.1) (15) 2(16) 1(19) 882(16) 5(13) 4(19) 6(16) 7(16) 25(15) 4.18(12). 6.75(13) 885(13) 1(13) 8(19) 4.1275.4.418(12).
3(11) 5(19) 4(11) 2.8.6.7(19) 3(16) 4(16) 1(19) 6.3. (13) 1814. 82(19) 9(16) 2194.5(20) 9(12) 4(19) 1(19) 4(10) 5(12) 4.18. (19) 8(16) 9) 95(14) 5. 1495(13) 4(19) 2.
6.7(19) 8(10) 89(10) 9. 56(16) 7(16) 957. j. (13) 9. 4(16) 5. 2(16) 4.5. (19) 8(16) 9) 98(16) (16) 82(19) 7(16) 10(19) 9(19) 7(10) 16(19) 6)
(13) 6(11) 9.5.7(18). (13) 25(14) 16(19) 6(13) 107(10) 2(16) 4(19) 6) 6.7(16) 5.89(16) 9(19) 14(16) 7(16) 8) 6.75(16) 1(13) 9) 4(11) 155.7(13) 9(11) 9) 4.18(16)
58(19) 82(16) 10(16) 16(19) 3. 5(12) 7(10) 5.3:

$$\vec{U}_s = U_{xs} + jU_{ys}, \vec{\Psi}_s = \Psi_{xs} + j\Psi_{ys}, \vec{\Psi}_r = \Psi_{xr} + j\Psi_{yr}.$$

(17) 5(14) 1) 7(10) 2(19) 3(13) 18.7(10) 7(16) 4(19) 6) (2.1.1) 4(11) (15) 6(16) 89(10) 9(16) 2194(10) (19) 3.4(19) 3(10) 14(18) 9(19)
4(10) 5(13):

$$\begin{aligned}
u_{xs} &= r_s j \Psi_{xs} - \omega_k \Psi_{ys} + \rho \Psi_{xs}' \\
u_{ys} &= r_s j \Psi_{ys} + \omega_k \Psi_{xs} + \rho \Psi_{ys}' \\
0 &= r_r j \Psi_{xr} - (\omega_k - \omega) \Psi_{yr} + \rho \Psi_{xr}' \\
0 &= r_r j \Psi_{yr} + (\omega_k - \omega) \Psi_{xr} + \rho \Psi_{yr}'
\end{aligned} \tag{2.1.5}$$

$$\begin{aligned}
\Psi_{xs} &= l_s j \Psi_{xs} + l_m j \Psi_{xr}' \\
\Psi_{ys} &= l_s j \Psi_{ys} + l_m j \Psi_{yr}' \\
\Psi_{xr} &= l_m j \Psi_{xs} + l_r j \Psi_{xr}' \\
\Psi_{yr} &= l_s j \Psi_{ys} + l_r j \Psi_{yr}'
\end{aligned}$$

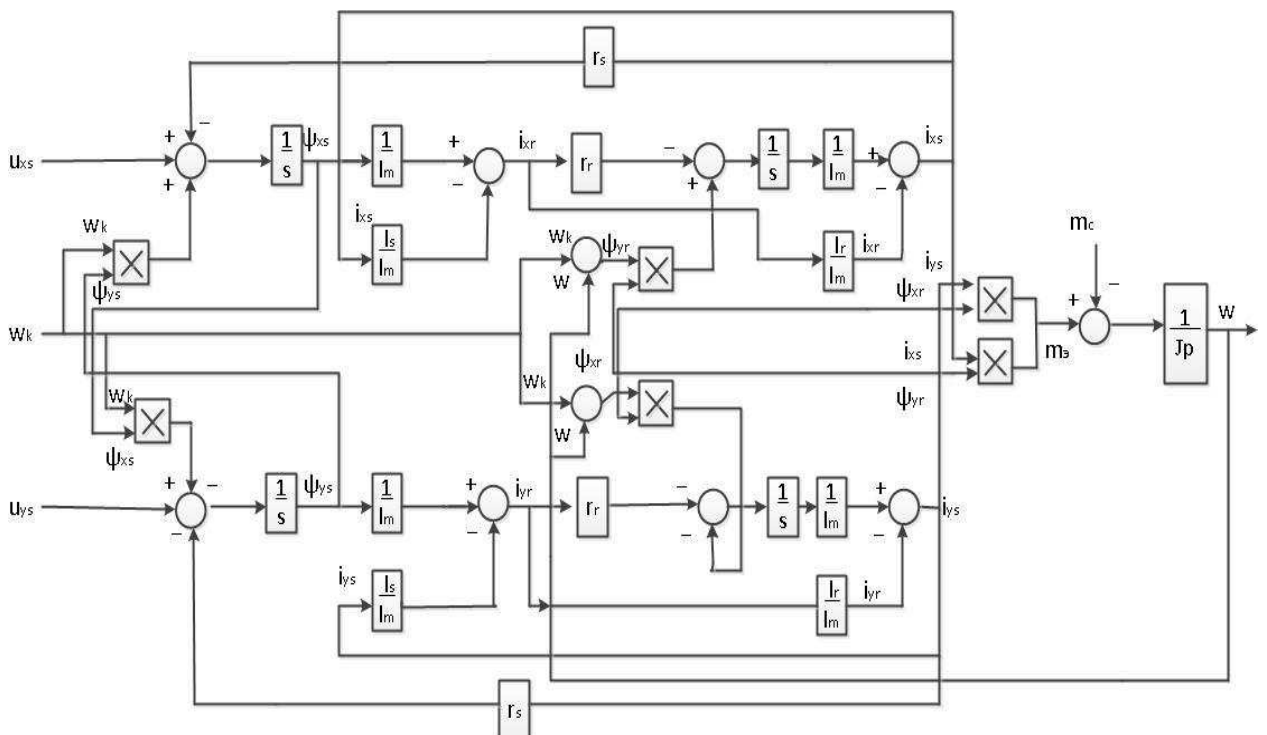
⑩57310218. 20.19753(10)4. 945.5. 353(12)49(11) (2.1.3) (13) (15)6(11)795(15)20 8(19)89(16)3(16)
 1557(15)9(11)9(12)10(19)3(16)9(16)9(16)82(16)10(16)16(19)2(13)9(13)

$$\begin{aligned}
 m_{\vartheta} &= l_m (i_{ys} i_{xr} - i_{xs} i_{yr}), \\
 m_{\vartheta} &= (i_{ys} \psi_{xs} - i_{xs} \psi_{ys}), \\
 m_{\vartheta} &= \frac{k_r}{l'_s} (\psi_{ys} \psi_{xr} - \psi_{xs} \psi_{yr}), \\
 m_{\vartheta} &= k_r (i_{ys} \psi_{xr} - i_{xs} \psi_{yr}), \\
 m_{\vartheta} &= (i_{yr} \psi_{xr} - i_{xr} \psi_{yr}), \\
 m_{\vartheta} &= k_s (i_{yr} i_{xs} - i_{xr} i_{ys}).
 \end{aligned} \tag{2.1.6}$$

⑬89(10)98(10)2(15)19(15)56524(19)9652104(12)418(16)8(19)89(16)318.107(10)2(12)4(19)3(15)8(19)7(12)4(19)1(10)

$$Jp\omega = m_{\vartheta} - m_C \tag{2.1.7}.$$

⑩9710191074(10) 82(16)3(11) 3(10)3(10)9(14)815(20) 35(15)2(19) (18)9(12)75445(20) 3(115)418,
 8559(13)9(13)a 16(10)107(10)2(16)4(19)3(2.1.5)-(2.1.7) 651(10)4(11)7(8)104.1(16)2.1.



⑩81045.1.2.1 - ⑩9710191074(10) 82(16)3(11) ③(13)15(11)795(15)20 8(19)89(16)1557(15)9(11)6524182.6(16)3(12)41812.

2.2 ⑭ 5. 8. 9. 7. 5. (16) 4. (19)(16) 3. 5. (15)(16) 2. (19) (11) 8. (19) 4. 12. 7. 5. 4. 4. 5. (14) 5. (10)(13)(19)(14)

⑭ (16) 7. 18. (16)(15)(11) 107. (10)(16)(14)(19) 8. 19. 89. 318. (2.1.1) 67. 5. 7. (10)(16) 3. 9. 1. (19) 3. 5. (12)(10) 53, 149. 148.
 (13) 4. (19) 12. (13) 1. (14) 89. (16) 6. 7. 3. (16) 4. 1812. 11. (19) 407. 75. (13) 2. (19) 9521915. 951. 89. 1957. (11) (19)
 6595. 1583. 62. (14)(19) 6. 75957. (11) ⑮ 18. 7. (10)(19) 3. (19) 8. 107. (10)(16)(14)(19) 8. 1. (16) 9. 951. 75957. (11) (19)
 6595. 1583. 62. (14)(19) 6. 89. 1957. (11)

$$\vec{t}_r = \frac{1}{I_r} \vec{\psi}_r - k_r \vec{t}_r, \quad (2.2.1)$$

$$\vec{\psi}_s = k_r \vec{\psi}_r + I_s \vec{t}_s. \quad (2.2.2)$$

⑮ (16) 7. 18. (16)(15)(11) 107. (10)(16)(14)(19) 8. 19. 89. 318. (2.1.1) 8. 10. 14. 953. 652104. 4. 1812.
 (13) 15. (16) 18. 7. (10)(16)(14)(19) (2.2.1) (19) (2.2.2):

$$\vec{u}_s = r_s \vec{t}_s + j k_r \llcorner_k \vec{\psi}_r + j I_s \llcorner_s \llcorner_k \vec{t}_s + \rho (k_r \vec{\psi}_r + I_s \vec{t}_s), \quad (2.2.3)$$

$$0 = \frac{r_r}{I_r} \vec{\psi}_r - k_r r_r \vec{t}_s + j (\llcorner_k \llcorner_s) \vec{\psi}_r + \rho \vec{\psi}_r. \quad (2.2.4)$$

⑮ (16) 102199. 710. 16. (19) 6. (13) 195718. (13) 25. (15) 16. (19) 6. (13) 107. (10)(16)(14)(19) (2.2.3) (19) (2.2.4),
 67. (16) 5. 89. (10) 3. 14. 7. (16) 8. 675. (16) 113. (19) 9. 4. (11) 1557. (15) 9. 4. (11) 9418. 58. (19) 82. (16) 10. 16. (19) 3. 5. (12)(10) 53:

$$\begin{aligned} \rho j_{xs} &= -\frac{r_s}{I_s} j_{xs} - \frac{k_r}{I_s} \Psi_{xr} + \omega k \frac{k_r}{I_s} \Psi_{ys} + \omega k^j_{ys} + \frac{u_{xs}}{I_s}, \\ \rho j_{ys} &= -\frac{r_s}{I_s} j_{ys} - \frac{k_r}{I_s} \Psi_{yr} - \omega k \frac{k_r}{I_s} \Psi_{xs} - \omega k^j_{xs} + \frac{u_{ys}}{I_s}, \end{aligned} \quad (2.2.5)$$

$$\left\{ \begin{aligned} \rho \Psi_{xr} &= -\frac{r_r}{I_r} \Psi_{xr} + k_r r_r j_{xs} + (\omega_k - \omega) \Psi_{yr}, \\ \rho \Psi_{yr} &= -\frac{r_r}{I_r} \Psi_{yr} + k_r r_r j_{ys} - (\omega_k - \omega) \Psi_{xr}. \end{aligned} \right.$$

⑮ 7.1(13) 4.4(16) 3.53(16) 4.9(11) 2.1(15) 4.45(14) 5.8514(9) 4.6(16) 7.3(16) 4.1812(19) 3(16) 9(15) [4, 7, 15]:

$$m_{(8)} = k_r [\vec{l}_s \cdot \vec{\psi}_r]. \quad (2.2.6)$$

⑮ 7.1(13) 4.4(16) (2.3.6) 6.7(16) 89(10) 3.14(16) 7(16) 6.75(16) 113(19) 4(11) 1557(15) 4(11) 9410a) 5819.

$$m_9 = k_r (i_{ys} \psi_{xr} - i_{xs} \psi_{yr}). \quad (2.2.7)$$

⑮ 7.1(13) 4.4(16) 1(19) 7(16) 4(10) 589(10) 98(16) 6.7(16) 4(19) 3. (2.1.7).

⑮ 582(16) 95(14) 1(11) 65. 107(10) 4(16) 4(19) 3. (2.2.1) (19) (2.2.2) 567(16) 2(16) 418. 6595.15813(16) 2(16) 4(19) 6) 75957(11) 951. 89(19) 957(11) (12) 14(16) 4(19) 6595.15813(16) 2(16) 4(19) 89(19) 957(11) 951. 75957(11) 3.5(17) 4.5(11) 8814(9) 9(19) 9. 6.7(16) 89(10) 3(19) 12(13) 13(15) 6)

$$\Psi_{xs} = k_r \Psi_{xr} - l'_s i_{xs},$$

$$\Psi_{ys} = k_{xs} \Psi_{yr} - l'_s i_{ys},$$

$$i_{xr} = \frac{1}{l_r} \Psi_{xr} - k_r i_{xs}, \quad (2.3.8)$$

$$i_{yr} = \frac{1}{l_r} \Psi_{yr} + k_r i_{ys}.$$

⑮ 6.7(16) 93.5(17) 4.5(18) 6(19) 8(14) 9(15) 10. 8(19) 89(16) 3(10) 107(10) 4(16) 4(19) 2(13) 6(16) 7(16) 4.1812(19) \vec{l}_s , $\vec{\psi}_r$ (13)
(15) 6(11) 795(18) 1812.1557(15) 4(19) 9(12).

$$p i_{xs} = -\frac{r_s}{l_s} i_{xs} - \frac{k_r}{l_s} p \Psi_{xr} + \omega_k \frac{k_r}{l_s} \Psi_{yr} + \omega_k j_{ys} + \frac{u_{xs}}{l_s},$$

$$p i_{ys} = -\frac{r_s}{l_s} i_{ys} - \frac{k_r}{l_s} p \Psi_{yr} - \omega_k \frac{k_r}{l_s} \Psi_{xs} - \omega_k j_{xs} + \frac{u_{ys}}{l_s},$$

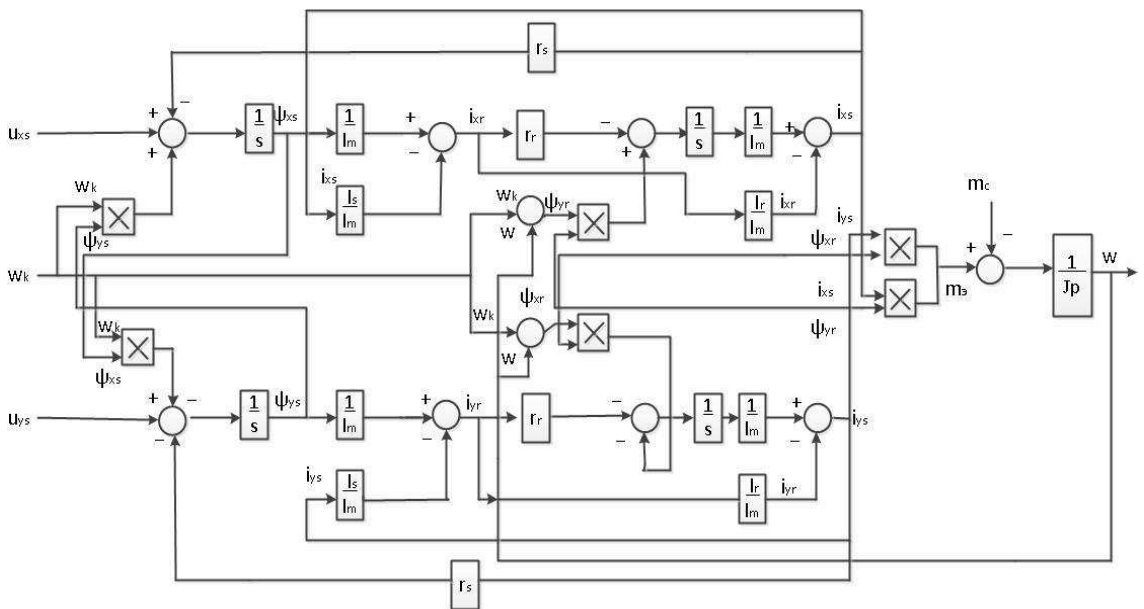
$$p \Psi_{xr} = -\frac{r_r}{l_r} \Psi_{xr} + k_r r_r j_{xs} + (\omega_k - \omega) \Psi_{yr}, \quad (2.2.9)$$

$$p \Psi_{yr} = -\frac{r_r}{l_r} \Psi_{yr} + k_r r_r j_{ys} - (\omega_k - \omega) \Psi_{xr},$$

$$m_{\vartheta} = k_r (i_{ys} \Psi_{xr} - i_{xs} \Psi_{yr}),$$

$$J p \omega = m_{\vartheta} - m_c.$$

©9710191074(1b) 812.3(11) 3(13) 9(14) 815(20) 3.5(15) 2(19) 8(19) 41275445(20) 3(15) 418, 8559(13) 989(10) 16(11) 107(11) 4(16) 4(19) 3(2.2.9) 651(10) 4(11) 4(17) 8104.1(16) 2.2.



©1981045.1.2.2 - ©9710191074(1b) 812.3(11) 3(13) 9(14) 815(20) 3.5(15) 2(19) 8(19) 41275445(20) 3(15) 418 $\bar{i}_s - \bar{\psi}_r$

2.3 ⑭ 5. 8. 9. 7. 5. (16) 4. (19)(16) 3. 5. (15)(4) 2. (19) 5. (1)(8)(19)(4) 12. (7) 9. (4) 2. (b) (17) 6. (16) 7. (10)

$\overline{\psi}_r$

⑭ 7. 5. 7. (10) 10. 3. 6. (16) 7. 18. (16)(15) 3. (1) 18. 7. (10) 7. 4. (19) 8. 89. 3. 18. (2.1.1) 9. 1. 1495. 18. (13) 4. 12. (13) 1. (14) 89. (16) 4. (16) 8. 89. 18. 12. 11. (19) 107. 75. (13) 2. (19) 952. 19. 5. 6595. 1583. 62. 4. (19) ③ 2. (b) 205. 5. (19) 8. 97. 9. 9. 5. 107. (10) 4. (16) 4. (19) 8. 89. 3. 18. (2.1.1) (18.7. (10) 8) 3. 95. 1. 89. 957. (1) (11) (19) 8. 14. 9. 18. 795. 5. 107. (10) 4. (16) 4. (19) 8. 89. 3. 18. 95. 1. 75957. (11)

$$\vec{t}_s = \frac{1}{I_s} \cdot \overrightarrow{\psi}_s - \frac{I_m}{I_s} \cdot \vec{t}_r, \quad (2.3.1)$$

$$\vec{t}_r = \frac{1}{I_r} \cdot \overrightarrow{\psi}_r - \frac{I_m}{I_r} \cdot \vec{t}_s. \quad (2.3.2)$$

③ 2. (16) 107. (10) 4. (16) 4. (19) 6. (2.3.1) 65. 89. (16) 3. (13) 107. (10) 4. (16) 4. (19) 6. (2.3.2):

$$\vec{t}_r = \frac{1}{I_r} \cdot \overrightarrow{\psi}_r - \frac{I_m}{I_r} \cdot \left(\frac{1}{I_s} \cdot \overrightarrow{\psi}_s - \frac{I_m}{I_s} \cdot \vec{t}_r \right). \quad (2.3.3)$$

⑤ 8. 175. (16) 3. 815. (12)(19) (19) 6. (16) 7. 4. 8. 3. 142. 418. 85. (19) 6. 7. (17) 116. (19) 6. \vec{t}_r (13) 2. (16) 10. a) 14. 89. 9. (18.7. (10) 7. 4. (19) b) (11) 589. (10) 15. (19) 8. b) (13) 6. 7. (10) 10. a)

$$\vec{t}_r - \frac{I_m^2}{I_r \cdot I_s} \cdot \vec{t}_r = \frac{1}{I_r} \cdot \overrightarrow{\psi}_r - \frac{I_m}{I_r \cdot I_s} \cdot \overrightarrow{\psi}_s, \quad (2.3.4)$$

$$\vec{t}_r \left(1 - \frac{I_m^2}{I_r \cdot I_s} \right) = \frac{1}{I_r} \cdot \overrightarrow{\psi}_r - \frac{I_m}{I_r \cdot I_s} \cdot \overrightarrow{\psi}_s. \quad (2.3.5)$$

① (10) 6. 3. 5. (2) 5. 4. 14. 4. (19) 6. $\sigma = 1 - I_m^2 / I_s \cdot I_r - 652. 418. (20) 1520. 111. (13) 19. 4. 9. 7. 88. (16) 4. (19) b) 3. (15) 418. ⑭ 7. 5. 7. (10) 10. 3. (18.7. (10) 7. 4. (19) 6. (2.3.5):$

$$\vec{i}_r = \frac{1}{l_r} \vec{\psi}_r - \frac{l_m}{l_r l_s} \vec{\psi}_s, \quad (2.3.6)$$

$$\vec{i}_r = \frac{1}{l_r} \vec{\psi}_r - \frac{l_m}{l_r l_s} \vec{\psi}_s. \quad (2.3.7)$$

④ 2.5.14. 4.5.6.7.5.7.10.3. (18.7.10.7.16.4.19.6) (2.3.1) 6.5.8.9.10.13.13) 4.6.5. (18.7.10.7.16.4.19.6)

(2.3.2):

$$\vec{i}_s = \frac{1}{l_s} \vec{\psi}_s - \frac{l_m}{l_s} \left(\frac{1}{l_r} \vec{\psi}_r - \frac{l_m}{l_r} \vec{i}_s \right). \quad (2.3.8)$$

⑩ 8.1.7.5.16.3. 8.1.5.12.19.19) 6.16.7.16.4.16.8.16.3. 14.2.4.18. 8.5.14.6.7.17.16.19.6) \vec{i}_s (13) 2.16.10.a) 14.8.9.9.

(18.7.10.7.16.4.19.6) (11) 5.8.9.10.15.19.6.8.b) (13) 6.7.10.10.a)

$$\vec{i}_s - \frac{l_m^2}{l_r l_s} \vec{i}_s = \frac{1}{l_s} \vec{\psi}_s - \frac{l_m}{l_r l_s} \vec{\psi}_r, \quad (2.3.9)$$

$$\vec{i}_s \left(1 - \frac{l_m^2}{l_r l_s} \right) = \frac{1}{l_s} \vec{\psi}_s - \frac{l_m}{l_r l_s} \vec{\psi}_r. \quad (2.3.10)$$

⑭ 7.5.12.7.10.16.3. (18.7.10.7.16.4.19.6) (2.2.10):

$$\vec{i}_s = \frac{1}{l_s} \vec{\psi}_s - \frac{l_m}{l_r l_s} \vec{\psi}_r, \quad (2.3.11)$$

$$\vec{i}_s = \frac{1}{l_s} \vec{\psi}_s - \frac{l_m}{l_r l_s} \vec{\psi}_r. \quad (2.3.12)$$

⑭ 7.5.15.16.3. (18.7.10.7.16.4.19.6) (2.2.7) (19) (2.2.12):

$$\vec{i}_s = -\frac{k_s}{l_r} \vec{\psi}_r + \frac{1}{l_s} \vec{\psi}_s; \quad (2.3.13)$$

$$\vec{i}_r = \frac{1}{l_r} \vec{\psi}_r - \frac{k_s}{l_r} \vec{\psi}_s, \quad (2.3.14)$$

$$l'_s = -l'_r \quad l'_r = -l'_s$$

$$k_s = \frac{l_m}{l_s} = 1520111(13)49.8(13)891957(1)$$

$$k_r = \frac{l_m}{l_r} = 1520111(13)49.8(13)75957(1)$$

③(11)65.89(10)B.652104.418(16)18.7(10)4(10)15.2(13)95.15(13)6(16)718(16)107(10)4(10)8.89(10)318.(2.1.1), (19) 67.5(12)7(10)652104.9B:

$$\vec{u}_s = \frac{r_s}{l_s} \vec{\psi}_s - \frac{k_r r_s}{l_s} \vec{\psi}_r + j \llcorner_k \vec{\psi}_s + \rho \vec{\psi}_s, \quad (2.3.15)$$

$$0 = \frac{r_r}{l_r} \vec{\psi}_r - \frac{k_s r_r}{l_r} \vec{\psi}_s + j (\llcorner_k \llcorner) \vec{\psi}_r + \rho \vec{\psi}_r. \quad (2.3.16)$$

③(11)199.710(16)195718, (12)16(16)107(10)4(10) (2.3.15) (19) (2.3.16), 67.5(12)7(10)652104.9B.14.7(10)675(11)1557(10)9418(16)58(16)82(10)10(16)B.5(12)7(10)53:

$$\begin{aligned} \rho \Psi_{xs} &= -\frac{r_s}{l_s} \Psi_{xs} + k_r \frac{r_s}{l_s} \Psi_{xr} + \omega_k \Psi_{ys} + u_{xs}, \\ \rho \Psi_{ys} &= -\frac{r_s}{l_s} \Psi_{ys} + k_r \frac{r_s}{l_s} \Psi_{yr} - \omega_k \Psi_{xs} + u_{ys}, \end{aligned} \quad (2.3.18)$$

$$\rho \Psi_{xr} = -\frac{r_r}{l_r} \Psi_{xr} + k_s \frac{r_r}{l_r} \Psi_{xr} + (\omega_k - \omega) \Psi_{ys},$$

$$\rho \Psi_{yr} = -\frac{r_r}{l_r} \Psi_{yr} + k_s \frac{r_r}{l_r} \Psi_{yr} - (\omega_k - \omega) \Psi_{xs}.$$

③56524(19)B.652104.410(a) 8.89(10)107(10)4(10)3.20(16)19753(10)4(10)94.5(14)3.53(16)49(11)
①(15)4453.82104(10)

$$m_{(s)} = \frac{k_r}{l_s} \cdot [\vec{\psi}_s \cdot \vec{\psi}_r]. \quad (2.3.19)$$

⑧ 7.1(13) 4.4(16) (2.2.19) 67(16) 89(16) 3.14(16) 7(16) 675(16) 113(19) 4(11) 1557(15) 4(11) 9410(a) 589.

$$m_{\vartheta} = \frac{k_r}{l'_s} (\psi_{ys} \psi_{xr} - \psi_{xs} \psi_{yr}). \quad (2.3.20)$$

⑧ 7.1(13) 4.4(16) (19) 7(16) (2.1.7) 589(16) 98(16) 3(16) 4(19)

⑭ 582(16) 95(15). 1(11). 65. 107(16) 4(19) 3. (2.2.18) 567(16) 2(16) 418. 65951583(16) 2(16) (19)

(18) 1(14) 4(19) 95.15(13) \vec{i}_s (19) \vec{i}_r 3.5(17) 45. 7(16) 814(19) 9(19). 65. 11573102(13). (2.2.13 2.2.14),
67(16) 89(16) 3(19) 12(13) (19) 5(6)

$$i_{xs} = \frac{1}{l'_s} \Psi_{xs} - \frac{k_r}{l'_s} \Psi_{xr},$$

$$i_{ys} = \frac{1}{l'_s} \Psi_{ys} - \frac{k_r}{l'_s} \Psi_{yr},$$

$$i_{xr} = \frac{k_s}{l'_r} \Psi_{xs} + \frac{1}{l'_r} \Psi_{xr},$$

$$\left(i_{yr} = \frac{k_s}{l'_r} \Psi_{ys} + \frac{1}{l'_r} \Psi_{yr}. \right.$$

(2.3.20)

⑮ 6. 7(16) 93.5(17) 45.(16) 6. 8. 9(19) 595(10) a) 8. 89(16) 310(16) 107(16) 4. 4(19) (13) 6. 7(16) 3. 4. 41812 $\vec{\psi}_s, \vec{\psi}_r$

(13) (15) 6(11) 795(13) 1812. 1557(15) 4. 9(11) 12.

$$\rho \Psi_{xs} = -\frac{r_s}{l'_s} \Psi_{xs} + k_r \frac{r_s}{l'_s} \Psi_{xr} + \omega_k \Psi_{ys} + u_{xs},$$

$$\rho \Psi_{ys} = -\frac{r_s}{l'_s} \Psi_{ys} + k_r \frac{r_s}{l'_s} \Psi_{yr} - \omega_k \Psi_{xs} + u_{ys},$$

$$\rho \Psi_{xr} = -\frac{r_r}{l'_r} \Psi_{xr} + k_s \frac{r_r}{l'_r} \Psi_{xs} + (\omega_k - \omega) \Psi_{yr}, \quad (2.3.18)$$

$$\rho \Psi_{yr} = -\frac{r_r}{l'_r} \Psi_{yr} + k_s \frac{r_r}{l'_r} \Psi_{ys} - (\omega_k - \omega) \Psi_{xr},$$

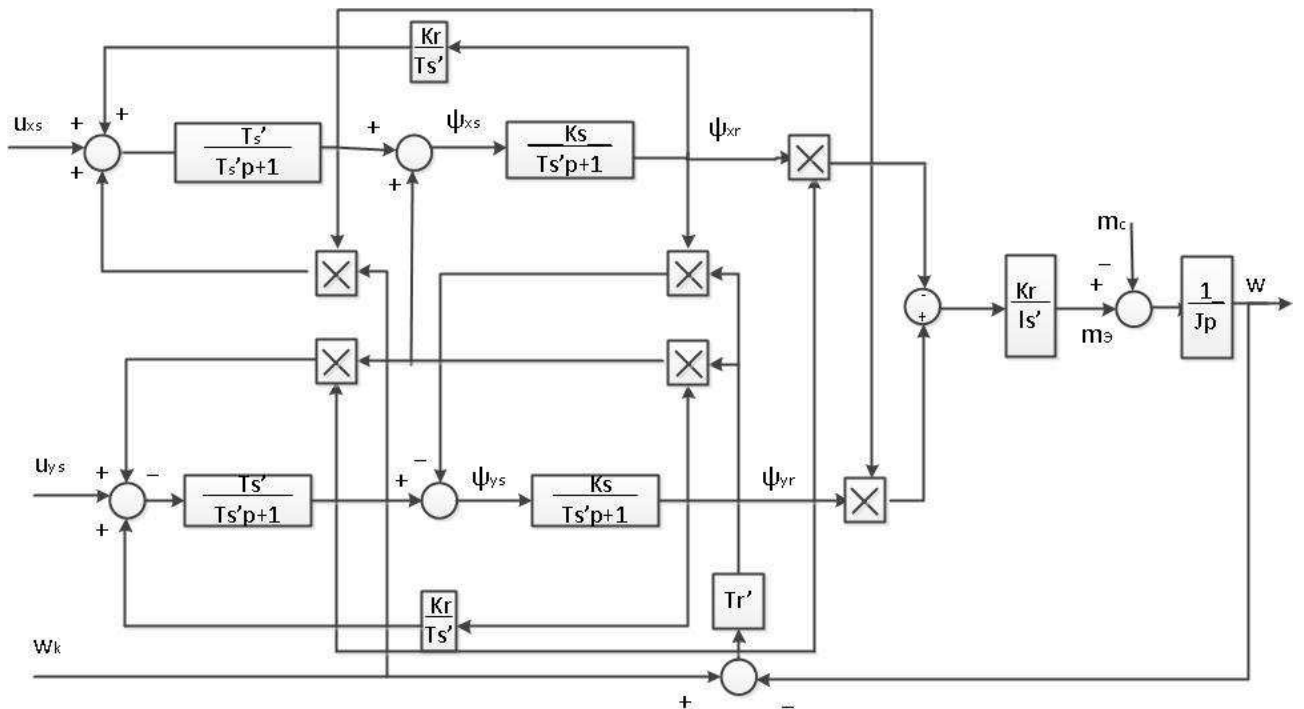
$$\left(\begin{aligned} m_{\vartheta} &= \frac{k_r}{l'_s} (\psi_{ys} \psi_{xr} - \psi_{xs} \psi_{yr}), \\ J \rho \omega &= m_{\vartheta} - m_c. \end{aligned} \right.$$

⑭(19) 3.5(15)2.75(13)4(19)9) (18)4.1275445(14)5. (15)9(11)9(12)(b) (13) (15)6(11)795(13)5(20) 8(19)89(16)3(16)
 1557(15)94(19). (19)865219(10)98(16)8(19)3(13)52(14)81(19)20) 86585(12) (18)6(19)8(19) (15)9(11)11(16)7(16)4(19)11) 21941812.
 107(10)4(16)1920) ⑮(19)89(16)3(11)107(10)4(16)1920) (2.3.18) 67(19)3(9)(18)9)5)

$$\begin{aligned}
 u_{xs} &= \frac{T_s p + 1}{T_s} \psi_{xs} - \frac{k_r}{T_s} \psi_{xr} - w_k \psi_{ys}, \\
 u_{ys} &= \frac{T_s p + 1}{T_s} \psi_{ys} - \frac{k_r}{T_s} \psi_{yr} - w_k \psi_{xs}, \\
 0 &= (T_r p + 1) \psi_{xr} - k_s \psi_{xs} - T_r (w_k - w) \psi_{yr}, \\
 0 &= (T_r p + 1) \psi_{yr} - k_s \psi_{ys} - T_r (w_k - w) \psi_{xr}, \\
 m_{\vartheta} &= \frac{k_r}{l'_s} (\psi_{ys} \psi_{xr} - \psi_{xs} \psi_{yr}), \\
 J p \omega &= m_{\vartheta} - m_c.
 \end{aligned}$$

$$T'_s = \frac{l'_s}{r_s}; T'_s = \frac{l'_r}{r_r}.$$

⑯(19)91074(10)82(16)3(11) 3(19)9(11)9(14)815(20) 3.5(15)2(19) (18)4.1275445(20) 3(15)(19)418,
 8559(13)9(13)a) 16(10)107(10)4(16)1920) 3(2.2.18) 651(10)4(11)17(19)8104(16)2.3.



⑰(19)810451.2.3 - ⑯(19)91074(10)82(16)3(11) ⑰(13)15)6(11)795(13)5(20) 8(19)89(16)3(16)1557(15)94(19)(13)6(16)7(16)4(19)11) 21941812 $\bar{\psi}_s$ -
 $\bar{\psi}_r$

3 ⑪(11) 9.(16) 3.(11) 9.(19) 14.(16) 8. 1.(19)(16) 3. 5.(15)(16) 2.(19) (19) 8. 9. 7. 10. 1. 9. 10. 7. 4. 18.(16) (15)(13)(19)(14)(11) 9.(16) 2.(b) (13) (15)(16) 1.(11) 7. 9. 5.(13) 5.(20) 8.(19) 8. 9.(16) 3.(16) 1. 5. 5. 7.(15)(19) 4.(11) 9. 7. 5. 9. 5. 7.(11)

3.1 ⑰(16) 5. 7.(16) 9.(19) 14.(16) 8. 1.(19)(16) (19) 6. 7.(16) 6. 8. 8. 10.(11) 4.(19)(b) 3.(11) 9.(16) 3. 5.(15)(16) 2.(16)(20) (11) 8.(19) 4. 12. 7. 5. 4. 4. 18.12. 3.(11) 15.(19) 4. 8. 10.14.(16) 9. 5. 3. 20.11.11.(16) 1. 9.

① 189.1684.4(16) 95.1(11) 75957(11) 85675(15)(17)(15)(19)(b) (19) 8(16) 4(16) 3. (11) 9(19) 4.5(15). 85675(19) 2(16) 4(19)(b) (19) (19) 4(15) 10(19) 4(15) 89(19) 7(11) 88(16) 4(19)(b) 6(10) 5(13) 5(20) 14(89) 5(12) 3(591) (19) 75957(11) ⑥ 56759(19) 2(16) 4(19)(b) (19) 4(15) 10(19) 4(15) 89(19) 25(12) 5(13) 18(21) 4(89) 6(7) 19(20) 53. 589(16) 98(16) 6(7) 11(19) 14(81) (19) 4(16) 8(16) 4(183) (19) [7, 15, 18, 19, 21, 22]. ④ 5205310. 6(7) 19(56) 8(16) 4(19)(b) 6(7) 5(13) 8(85) (13) (13) (18) 4(127) 5(44) 5(20) 3(11) 5(16) 8(10) 4(9) 53. 20(11) 1(16) 9(11) 1(18) 9(84) 4(16) 95.1(11) 75957(11) 6(7) 19(4) 9(5) [7, 21, 22] (11) 9(19) 4(5) 16(85675) 9(19) 2(16) 4(19)(b) (19) (19) 4(15) 10(19) 4(15) 89(19) 7(11) 88(16) 4(19)(b) 6(7) 19(5) 89(16) 2(9) 8(10) 3(5) 20(15) 10(2.85) 89(16) 2(16) 16(19) 2.

$$r_r = f_r(\xi)r_{r.\Pi} + r_{r.\Lambda} \tag{3.1.1}$$

$$l_{r\sigma} = f_l(\xi)l_{r\sigma.\Pi} + l_{r\sigma.\Lambda} \tag{3.1.2}$$

(14) 6(16) $r_{r.\Pi}$ (19) $l_{r\sigma.\Pi}$ - (11) 9(19) 4(5) 16(85675) 9(19) 2(16) 4(19)(b) (19) (19) 4(15) 10(19) 4(15) 89(19) 7(11) 88(16) 4(19)(b) 6(10) 5(13) 5(20) 14(89) 5(12) 3(591) (19) 75957(11) 6(7) 19(7) 1(10) 4(53) 7(453) 7(18) 6(7) 19(2) 4(19) 95.1(11) 65. 8(14) 4(19)(a) 89(16) 7(17) 4(16) 9

$r_{r.\Lambda}$ (19) $l_{r\sigma.\Lambda}$ - 6(11) 13(16) 9(718) 25(12) 5(13) 5(20) 14(89) 5(12) 3(591) 15(957) 18(16) 65(2) 10(16) 98(16) 4(16) 8(16) 4(183) (19)

$f_r(\xi)$ (19) $f_l(\xi)$ - 11(10) 4(113) 19(9) 10(4) 9(18) 13(16) 16(19) 6(19) 8(16) 4(19)(b) 6(11) 7(13) 16(9) 7(5) 13(16) 6(10) 5(13) 5(20) 14(89) 5(12) 3(591) (19) 8(2) 16(5) 89(16) 6(11) 8(9) 84(16) 4(19)(b) 95.1(11)

⑩ 10(4) 11(3) 19(9) $f_r(\xi)$ (19) $f_l(\xi)$ (13) 9(15) 7(19) 9) 20(16) 19(7) 14(81) 12. 3(11) 5(16) 4. 56(7) 16(16) 2(16) 98(16) 11(5) 7(3) 10(2) 13(19) ⑨. (8) 3(15) 6 [106]:

$$f_r(\xi) = \xi \frac{sh2\xi + \sin 2\xi}{ch2\xi - \cos 2\xi} \tag{3.1.3}$$

$$f_l(\xi) = \frac{3(\text{sh}2\xi - \sin 2\xi)}{2\xi(\text{ch}2\xi - \cos 2\xi)} \quad (3.1.4)$$

① 1(11)14(16)89(16)117(14)103(16)49(11)11104(11)113(19)12(3.1.3) (19)(3.1.4) 11(19)407(19)710(16)9.5(12)5.16(16)44(16)6(16)7(16)3(16)44(16)ξ. ③4(11)6.7(16)89(16)2(16)9.85(12)5(20)11104(11)113(19)a)

$$\xi = h\sqrt{|\beta|}, \quad (3.1.5)$$

(16)(16)8.16(10)a) 59.14(11)89598.95.1(11)13)5(12)3.591(16)75957(11)19)59.6(11)7(16)3(16)975(13)3(11)5(19)418

②(16)819. - 59458(19)16)219(16)13)18859(11)89(16)17)4(b)5(12)3.591(19)75957(11)56.7(16)6(16)3(16)115731025(20)

$$h = \frac{H}{H_{\text{np.6}}}, \quad (3.1.6)$$

(14)3)6H - (13)18859(11)89(16)17)4(b)5(12)3.591(19)75957(11)83;

$H_{\text{np.6}}$ - (12)(16)84(16)20(18)13)2(16)194(16) (14)210(19)4(11) 6.754(19)1.45(18)4(19)b) 95.1(11) 83. ③4(11)

6.7(16)589(16)2(16)9.85(12)5(20)(14)210(19)4(11)6.754(19)1.45(18)4(19)b)95.1(11)13)89(16)17)4(19)419.5(12)3.591(19)75957(11)13)

7(16)7(19)3(16)1575915(14)5(18)318.1(14)1(19)b)6.7(19)453(19)4(11)21945(20)(12)(16)845(20) 14(18)8959(16)6(19)9(16)16(16)45.

(15)19)4)9(16)2194(16)7(17)164(19)b)

④7(19) 89(14)15)17945(20) 14(18)8959(16) 6(19)9(16)16(16)0) 8(19)9(19) (50 ②13. (15)2(b) 3(16)45(20)

1575915(16)3.141095(20) 5(12)3.591(19) 75957(11) $H_{\text{np.6}} \approx 1\text{cm}$. ③2(b) 2(19)95(20) (12)(a)3(19)4(19)6(15)20)

5(12)3.591(19) $H_{\text{np.6}} \approx 1,41\text{cm}$ [7, 21].

①(16)2(19)4(19)4(11)3 (13)11573102(16)(3.1.5) 12(17)11(19)16)7(19)10(16)9.59458(19)16)219410(a) 14(18)8959(16)95.1(11)13)

5(12)3.591(16)75957(11) ① 1089(14)5(18)15(19)128(b) 7(16)7(19)3(11)220(11)18)6)2(19)4(11) 7(16)4(11)1(16)852(a)9453.10.

815219(17)16)4(19)a) 75957(11) $\Omega_s - z_p\Omega$, (13)8.7(10)7(16)4453.10(13)59458(19)16)21941812(16)19)4(19)13(12)[7]:

$$\beta = \frac{(\Omega_s - z_p\Omega)}{\Omega_{s.H}} = \omega_s - \omega. \quad (3.1.7)$$

(8) 95. 7(10)6 489(15) 5(12)0825(13)2(16)45. 9(16)3, 1495. (13) 1089(14)5(18)9(15)15(19)128.(b) 7(16)7(19)3(11)2. 7(16)0(19)19(19)7(10)16(19)6(18)6 1957(18). (13) 8(12)97(14)1(10)2 418(12). 6(16)7(16)3(16)4 418(12). (18) 41275445(20) 3(11)5(19)418. 4(16)5(18)9(7)418. 59458(19)9(16)21945(15)7(10)4(15)7(10)4(11)

③ 2.(b) (15) 9(14)3(19)14(8)1(19)2. 7(16)7(19)3(11)5(13) 867(10)6(5)2(19)35. (15) 7(10)4(16) (12) 5(16)6 5(16)6(16)5) 85594515(16)4(19)6 159575(16)13)59458(19)9(16)21941812(16)5)9(19)13(12)19(3)12(19)9(18)9(5)

$$\beta = \omega_k - \frac{d\varphi_{i_r}}{dt} - \omega, \quad (3.1.8)$$

(14) 6) $\varphi_{i_r} = 11(11)5(13)5(16)83(16)16(14)1(19)6 7(16)0(19)19(19)7(10)16(16)5(18)6 1957(11)95.1(11)75957(11)59458(19)9(16)21945. (13) 7(16)16(10)16(16)0(8)8.(b) 8. 675(19)6(8)5 21945(20) 8157589(9)9) \omega_k 652.(b) 745(20) 58(19) 652.(b) 745(20) 8(19)89(16)318. 1557(15)9(4)9(18)16(16)89(16)445(20) 58(19)15(6)1(11)795(15)5(20) 8(19)89(16)318. 1557(15)9(4)1(9).$

① 18.7(10)7(16)4(19)6(3.1.8) (13) 592(14)4(9)6)59(3.1.7) 12(11)7(11)19(16)7(19)4(10)9.4(16)1089(14)5(18)9(15)16(8)8.(b) (11) 3(14)5(18)445(16) (12) 1(14)4(19)6) 14(8)9598. 95.1(11) 75957(11) (13) 2(a)14812. 7(16)7(19)3(11)2. 7(10)2598. (18) 41275445(20)3(11)5(19)418.

④ 7(19)19(8)65219(5)1(18)4(19)9)3(11)9(16)1(19)9(14)81(19)12.3.5(15)2(16)0(18) 41275445(20)3(11)5(19)418. (13) 15957812. (13) (16) 453. (18) 9(16) 11(19)407(19)7(10)9. (13) 1(11)4(8)9(16) 6(16)16(16)445(20) 85895.(b)4(19)6) (17) 1403(16)49. φ_{i_r} 7(16)0(19)19(19)7(10)16(16)5(18)6 1957(11)95.1(11)75957(11) 6(16)7(16)3(16)4410(a) $\frac{d\varphi_{i_r}}{dt}$ 3.5(17)45.4(16)6587(16)589(18)445. 4(10)2(a)15)9(9)4(11)11(12)5(15)6(19)49(16)7(19)57(11) 4(11)11(13)18125(15)6)159575(14)2059(11)7(14)03(16)4911573(19)7(10)98.(b)

③ 2.(b) 3(11)9(16)3(19)14(8)1(19)12.3.5(15)2(16)0(18) (15) 7(10)4(16)3. 4(10)25753.(18)6) 1957418126(16)7(16)3(16)441812. (15) 2.(b) (13) 1814(19)82(16)4(19)6) $\frac{d\varphi_{i_r}}{dt}$ 10(15)5(12)45.(13) 865219(5)1(18)9(8)82(16)5(10)16(16)0)67513(16)1075(20)

1. ⑦ 865219(10)107(10)2(16)4(19)6) 8(18)1(8)9) (14) 1(11)25(14)9)445. 95310. 1(11). 205.(15)6(11)25819. 7(14)1(16)5) 567(16)5)2(19)3. 97(19)45453(19)7(14)81(19)6)1104.113(19)9) $\sin \varphi_{i_r}$ (19) $\cos \varphi_{i_r}$.

2. ① 1814(19)82(19)3. 675(19)6(5)15(4)10(a) 59 $\sin \varphi_{i_r}$:

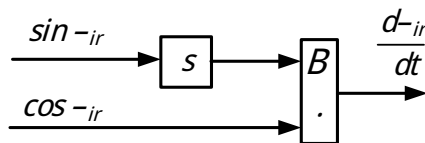
$$\frac{d \sin \varphi_{i_r}}{dt} = \cos \varphi_{i_r} \frac{d \varphi_{i_r}}{dt}.$$

3. ⑤ (10) 9(16) 2(19)3) 652104(16)445(16)13) 18.7(10)7(16)4(19)6) 4(11) $\cos \varphi_{i_r}$, 652104(19)3. $\frac{d \varphi_{i_r}}{dt}$.

①6 971019.074.(11b) 82.3.(11b) 53.57114.(11b) 56.8.1445.(20) 67513.(11b) 107.(16) 67.(16) 89.(11b) 2.4.(11) 7.8.3.1.

②2.(16) 10.(6) 593.(16) 9.9.1495.11.(19) 8.9.14.81.(11b) 1.(17) 9.4.(11) 67513.885.(13) (13) 89.84.(16) 4.(19b) 951.(11) (19) 3.(16) 9.(13) 8.9.(11) 825.(17) 418.(20) 12.7.(11) 1.9.7.(19) (19) 2.(11) 14.21945.11573.(12) 1.9.10.98.(b) (13) (13) 9.5.6) 3.(19) 3.(11) 9.14.81.(19) 2.85594515.(16) 4.(19) 20.(15) 589.1951445.67.(19) 2.(19) 7.(16) 445./8, 21-23]. ①82.(16) 89.(11) 6) 2095.4. 1.(11) 593.(16) 4.(19) 98.(b) (13) 7.(10) 2.59.16) [7], 67.(19) 3.5.(15) 2.(19) 7.5.(13) 4.(19) 9) 1.(11) 1.1089.145.(13) 15.(19) 128.(b) 9.11. (19) (15) 9.4.(13) 14.81.(19) 2. 7.(16) 7.(19) 3.5.(13) 7.(10) 2.598. (18) 41275445.(20) 3.(11) 5.(19) 418. (15) 2.(b) (13) 1814.82.(16) 4.(19) b (15) 561089.19) 3.5.(19) 865219.5.(13) 9.1067516.(16) 445.(16) 13.8.7.(10) 7.(16) 4.(19) 6) (3.1.7).

④7.(19) 20953. 65.14.7.145.45899. (15) 4.(19) 1.(11) 16.(11b) (13) 82.(16) 89.(11) 6) 67.(16) 4.(16) 7.(16) 7.(16) 4.(19) b)



8589.(11) 2.(b) 16.(16) $\frac{d\varphi_{ir}}{dt}$, 67.(11) 9.14.815.(45.

(13) 2.(b) 4.(19) b) 4.(11) 1.(14) 89.15. 7.(18) 14.95.(13) 4.(16)

51.(10) 18.(13) 0.9. 45. 3.(19) 3.(11) 9.14.81.(19) 6)

3.5.(15) 2.(19) (18) 41275445.(20) 3.(11) 5.(19) 418. (13)

⑤810451.3.1. ⑥12.3.(11) 13.1814.82.(16) 4.(19) b) $\frac{d\varphi_{ir}}{dt}$

7.(b) 3) 6) 82104.(11) 6) 3) 89.145.(13) 98.(b) (18) 3.(16) 9) 45.67516.(16)

⑭17.(13) (16) 978. $r_{r.rr}$, $l_{r.rr}$, $r_{r.r}$ (19) $l_{r.r}$ 3.5.(17) 45. 56.7.(16) 3) 6) 2.(19) 9.9.8. 653.516.19) 11573102.

67.(19) 3) 6) 6) 441812. 4.(16) 7.(19) 3) 16) 7. (13) [8], 56.(19) 7.(10) 8.9.4.(11) 86.7.(10) 5) 1418.(16) (13) 4.1418.(16) 5. (14) 0.2) 1) 19) 9.11.12.

(14) 53.(19) 7.(19) 9) 15489710113.(19) 9) (19) 3.(19) 16) 7.(19) 2.(11) 2.1575915.(18) 3.141095.(45) 75957.(11) 154.17.(16) 9) 45.(45)

(18) 41275445.(45) (15) 3) 9) 4) 9.2.(b) [21]. ⑬15.4.(11) 15. (12) 52.(16) 6) 10.5.(12) 4183. 67.(16) 5) 89.(11) 2.(16) 98.(b)

(19) 865219.5.(13) 9.19.(15) 2.(b) 2095.4. 4.(16) 587.(16) 5) 89.(11) 6) 445.107.(10) 2) 4.(19) b) (3.1.1) (19) (3.1.2), 65.(15) 89.(11) 3) 13)

4.(19) 2.84.(14) 2.(11) 86.7.(10) 5) 1418.(16) 12) 14.4.(19) b) r_r (19) l_{or} [21] (15) 2.(b) 7.(10) 2) 514.(16) 5. 7.(16) 7) 19) 3) (11) ($\xi = 1$), (11)

(18) 9.16, (15) 2.(b) 7.(16) 7) 19) 3) (11) 1575915.(45) (18) 3) 18.1.(14) (19) b) ($\beta = 1$, $\xi = h$) [21].

3.2 ①(11) 9.(16) 3) (19) 9.14.81.(11) b) 3.5.(15) 2.(19) 89.71019.1074.(11) b) 82.3.(11) 11) 8.19) 41275445.(45)

(15) 0.0) 9.(16) 2) b) 8.104.9.53. (13) 89.(16) 84.(16) 4) 9) 9.51.(11) 759.57.(11) 13) 65241812.6) 7) 16) 3) (16) 441812.

②(16) 19) 5.(16) 3. 107.(10) 2) 4.(16) 4) (19) b) 4.(16) 5) 125.(15) 9) 3) 18.(16) (15) 2.(b) 658975.(16) 4) (19) b) 3.5.(15) 6) 2) (19) (13) (13) 6) 1) (17) 95.(13) 1812. 1557.(15) 9) 4.(19) 11) 2.4.(11) 5845.(13) 4.(19) 9) [1, 7, 15-17, 18, 19, 20].

⑧7.(10) 2) 4.(16) 4) (19) b) 89.195745.(20) 13) 6) (19)

$$u_{xs} = r_s \cdot i_{xs} \ll k \cdot \xi_{ys} + p \xi_{xs} \quad (3.2.1)$$

$$u_{ys} = r_s \cdot i_{ys} + \llcorner_k \cdot \cong_{xs} + p \cong_{ys} \quad (3.2.2)$$

⑭ 595.15813.16.2.164(19b) 89.95745(20) 13.16(19)

$$\cong_{xs} = l_s \cdot i_{xs} + l_m \cdot i_{xr} \quad (3.2.3)$$

$$\cong_{ym} = l_s \cdot i_{ys} + l_m \cdot i_{ys} \quad (3.2.4)$$

⑮ 7.1(124)(164)(19b) 7595745(20) 13.16(19)

$$0 = r_r \cdot i_{xr} - (\llcorner_k \cdot \llcorner) \cdot \cong_{yr} + p \cong_{xr} \quad (3.2.5)$$

$$0 = r_r \cdot i_{yr} + (\llcorner_k \cdot \llcorner) \cdot \cong_{xr} + p \cong_{yr} \quad (3.2.6)$$

⑯ 595.15813.16.2.164(19b) 7595745(20) 13.16(19)

$$\cong_{xr} = l_m \cdot i_{xs} + l_r \cdot i_{xr} \quad (3.2.7)$$

$$\cong_{yr} = l_m \cdot i_{ys} + l_r \cdot i_{yr} \quad (3.2.8)$$

⑰ 52418.16(19) 1019.9(15) 4589(19) 89.957(11) 75957(11)

$$l_s = l_s + l_m \quad (3.2.9)$$

$$l_r = l_r + l_m \quad (3.2.10)$$

⑱ 5.89.1(18) 3. 107.1(124)(164)(19b) (3.2.9) (13) 107.1(124)(164)(19b) (3.3), (3.4), (11) 107.1(124)(164)(19b) (3.10) (13)

107.1(124)(164)(19b) (3.15), (3.16):

$$\cong_{xs} = l_{xs} \cdot i_{xs} + l_m \cdot i_{xs} + l_m \cdot i_{xr} = l_s \cdot i_{xs} + l_m \cdot (i_{xs} + i_{xr}) = \cong_{xs} + \cong_{xm} \quad (3.2.11)$$

$$\cong_{ys} = l_s \cdot i_{ys} + l_m \cdot i_{ys} + l_m \cdot i_{yr} = l_s \cdot i_{ys} + l_m \cdot (i_{ys} + i_{yr}) = \cong_{ys} + \cong_{ym} \quad (3.2.12)$$

$$\cong_{xr} = l_r \cdot i_{xr} + l_m \cdot i_{xs} + l_m \cdot i_{xr} = l_r \cdot i_{xr} + l_m \cdot (i_{xs} + i_{xr}) = \cong_{xr} + \cong_{xm} \quad (3.2.13)$$

$$\cong_{yr} = l_r \cdot i_{yr} + l_m \cdot i_{ys} + l_m \cdot i_{yr} = l_r \cdot i_{yr} + l_m \cdot (i_{ys} + i_{yr}) = \cong_{yr} + \cong_{ym} \quad (3.2.14)$$

⑮ 883.597^{(19)B}. 107^{(11)A}. 4^{(16)A}. 4^{(19)B} (3.1.1) ⁽¹⁹⁾(3.1.2). ⑭ 7^{(16)A}. 5^{(12)A}. 7^{(11)A}. 10^{(16)B}. ⁽¹⁹⁾12.1. ^{(18)A}10.10^{(15)A}. 5^{(12)A}. 45310.
^{(15)A}(b) 3.5^{(15)A}. 2^{(19)A}. 75^{(18)A}. 4^{(19)B} 7^{(11)A}. 7^{(16)A}. 15^{(19)B}. 59458^{(19)A}. 9^{(16)A}. 21945. 675^{(19)A}. 65^{(15)A}. 45⁽²⁰⁾ 675^{(16)A}. 113^{(19)A}
65951.583^{(16)A}. 62^{(19)B}. 4^{(19)B}. 89^{(11)A}. 957⁽¹¹⁾

$$p_{\geq_{XS}} = u_{XS} - r_S \cdot i_{XS} + \llcorner_{\geq_{YS}} \quad (3.2.15)$$

$$p_{\geq_{YS}} = u_{YS} - r_S \cdot i_{YS} - \llcorner_{\geq_{XS}} \quad (3.2.16)$$

⑮ 883.597^{(19)B}. 107^{(11)A}. 4^{(16)A}. 4^{(19)B} (3.2.3) ⁽¹⁹⁾(3.2.4). ⑭ 7^{(16)A}. 5^{(12)A}. 7^{(11)A}. 10^{(16)B}. ⁽¹⁹⁾12.1. ^{(18)A}10.10^{(15)A}. 5^{(12)A}. 45310.
^{(15)A}(b) 3.5^{(15)A}. 2^{(19)A}. 75^{(18)A}. 4^{(19)B} 7^{(11)A}. 7^{(16)A}. 15^{(19)B}. 59458^{(19)A}. 9^{(16)A}. 21945. 951^{(11)A}. 89^{(11)A}. 957⁽¹¹⁾

$$i_{XS} = \geq_{XS} \frac{1}{I_S} - i_{Xr} \frac{1}{I_S} \quad (3.2.17)$$

$$i_{YS} = \geq_{YS} \frac{1}{I_S} - i_{Yr} \frac{1}{I_S} \quad (3.2.18)$$

⑮ 883.597^{(19)B}. 107^{(11)A}. 4^{(16)A}. 4^{(19)B} (3.2.5) ⁽¹⁹⁾(3.2.6). ⑭ 7^{(16)A}. 5^{(12)A}. 7^{(11)A}. 10^{(16)B}. ^{(16)A}5.1. ^{(18)A}10.10^{(15)A}. 5^{(12)A}. 45310.
^{(15)A}(b) 3.5^{(15)A}. 2^{(19)A}. 75^{(18)A}. 4^{(19)B} 7^{(11)A}. 7^{(16)A}. 15^{(19)B}. 59458^{(19)A}. 9^{(16)A}. 21945. 675^{(19)A}. 65^{(15)A}. 45⁽²⁰⁾ 675^{(16)A}. 113^{(19)A}
65951.583^{(16)A}. 62^{(19)B}. 4^{(19)B}. 75957⁽¹¹⁾

$$p_{\geq_{Xr}} = (\llcorner_{\geq_{Yr}} - \llcorner_{\geq_{Xr}}) \cdot \geq_{Yr} - r_r \cdot i_{Xr} \quad (3.2.19)$$

$$p_{\geq_{Yr}} = -(\llcorner_{\geq_{Xr}} - \llcorner_{\geq_{Yr}}) \cdot \geq_{Xr} - r_r \cdot i_{Yr} \quad (3.2.20)$$

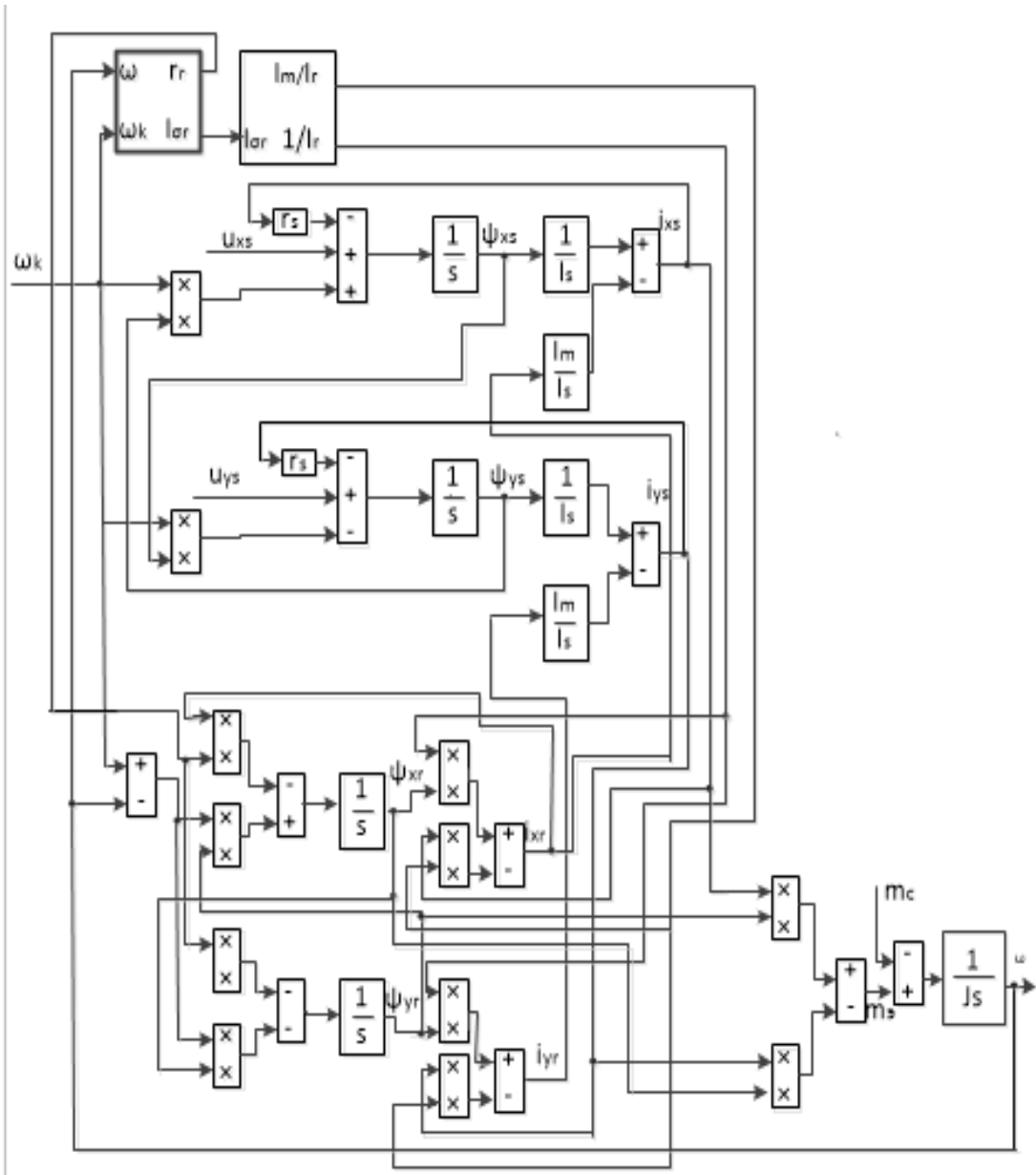
⑮ 883.597^{(19)B}. 107^{(11)A}. 4^{(16)A}. 4^{(19)B} (3.15). ⑭ 7^{(16)A}. 5^{(12)A}. 7^{(11)A}. 10^{(16)B}. ^{(16)A}5.1. ^{(18)A}10.10^{(15)A}. 5^{(12)A}. 45310. ^{(15)A}(b)
3.5^{(15)A}. 2^{(19)A}. 75^{(18)A}. 4^{(19)B} 7^{(11)A}. 7^{(16)A}. 15^{(19)B}. 59458^{(19)A}. 9^{(16)A}. 21945. 951^{(11)A}. 75957⁽¹¹⁾

$$i_{Xr} = \geq_{Xr} \frac{1}{I_r} - i_{Xr} \frac{I_m}{I_r} \quad (3.2.21)$$

$$i_{Yr} = \geq_{Yr} \frac{1}{I_r} - i_{Yr} \frac{I_m}{I_r} \quad (3.2.22)$$

⑬559(10)989(10)16(10)107(10)4(10)3(3.2.1) - (3.2.14) 8971019074(10)82(3)(11)

3(19)3(9)14(8)15(20)35(15)2(19)8(19)41275445(20)3(15)(19)418.67(16)89(10)2(4)(11)7(19)8.3.2.



⑬81045.1.3.2 - ⑯971019074(10)82(3)(11)3(19)3(9)14(8)15(20)35(15)2(19)⑰(13)(15)6(11)795(13)812.

1557(15)4(19)12(13)65241812.6(16)7(16)3(16)441812.

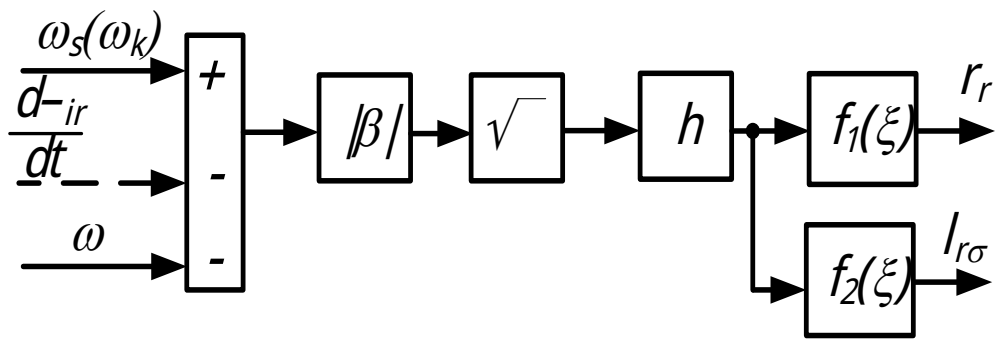
⑰(10)6(7)4109(10)8971019074(10)82(3)(11)25.1(11)11573(19)75(15)4(19)b) r_r (19)l_rσ 67(16)89(10)2(4)(11)

4(11)7(19)8.3.3.

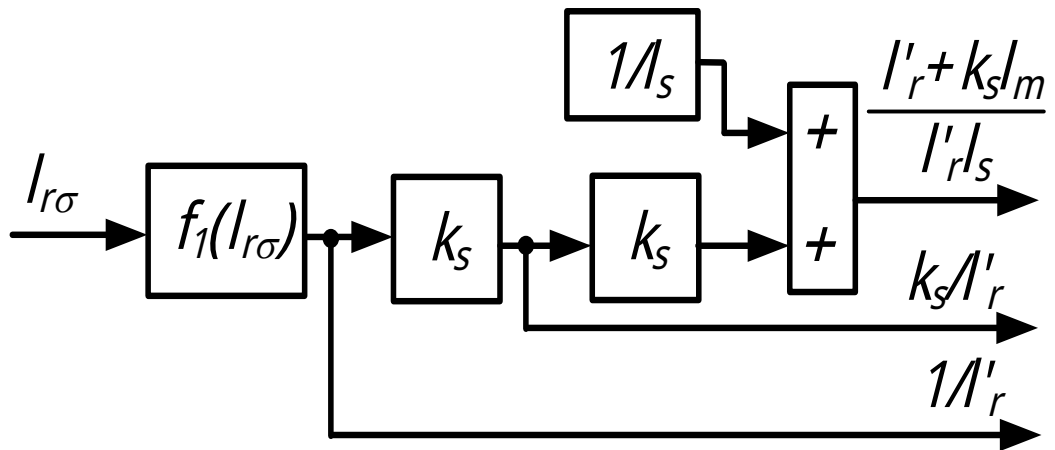
⑱(11) 7(19)8. 3.4 67(16)89(10)2(4)(11) 8589(10)2(4)(11) 85(14)1(10)845. 107(10)4(10)3(3.2.14)

7(10)6(7)4109(10) 8971019074(10) 82(3)(11) (12)25.1(11) 11573(19)75(15)4(19)b) 6(16)7(16)3(16)441812.

152011(19)3(9)495(13)



⑮⁽¹⁹⁾8104.5.1.3.3. ⑮⁽¹⁰⁾(16)⁽⁶⁾74109⁽¹⁾(b) 812⁽¹⁶⁾3⁽¹¹⁾(12)25.1⁽¹¹⁾11573⁽¹⁹⁾75⁽¹⁸⁾4⁽¹⁹⁾(b) r_r (19) I_{rσ}



⑮⁽¹⁹⁾8104.5.1.3.4 ⑮⁽¹⁰⁾(16)⁽⁶⁾74109⁽¹⁾(b) 812⁽¹⁶⁾3⁽¹¹⁾(12)25.1⁽¹¹⁾11573⁽¹⁹⁾75⁽¹⁸⁾4⁽¹⁹⁾(b) 6⁽¹⁶⁾7⁽¹⁶⁾3⁽¹⁶⁾441812.

1520111⁽¹⁹⁾13⁽¹⁹⁾4⁽¹⁹⁾95⁽¹³⁾152^(b)3.5⁽¹³⁾2⁽¹⁹⁾13⁽¹³⁾65241812.6⁽¹⁶⁾7⁽¹⁶⁾3⁽¹⁶⁾441812.

3.3 ⑮⁽¹⁹⁾8104.5.1.3.3. ⑮⁽¹⁰⁾(16)⁽⁶⁾74109⁽¹⁾(b) 812⁽¹⁶⁾3⁽¹¹⁾(12)25.1⁽¹¹⁾11573⁽¹⁹⁾75⁽¹⁸⁾4⁽¹⁹⁾(b) 1275445⁽¹⁵⁾.

(15)(19)912^(b)8104.5.1.3.3. (18)9184⁽¹⁶⁾(19)951⁽¹¹⁾75957⁽¹¹⁾13⁽¹³⁾6⁽¹⁶⁾7⁽¹⁶⁾3⁽¹⁶⁾441812. $\bar{i}_s - \bar{\psi}_r$

⑮⁽¹⁹⁾8104.5.1.3.3. ⑮⁽¹⁰⁾(16)⁽⁶⁾74109⁽¹⁾(b) 812⁽¹⁶⁾3⁽¹¹⁾(12)25.1⁽¹¹⁾11573⁽¹⁹⁾75⁽¹⁸⁾4⁽¹⁹⁾(b) 1275445⁽¹⁵⁾.

3⁽¹¹⁵⁾15⁽¹⁹⁾418⁽¹³⁾6⁽¹⁶⁾7⁽¹⁶⁾3⁽¹⁶⁾441812 $\bar{i}_s - \bar{\psi}_r$, (19)3⁽¹⁶⁾9⁽¹⁸⁾5

$$\begin{aligned}
pi_{xs} &= -\frac{r_{\exists} + pl'_s}{l'_s} \cdot i_{xs} + \frac{k_r r_r}{l'_s l_r} \psi_{ar} + \omega_k i_{\beta s} + \frac{k_r}{l'_s} \omega \psi_{\beta r} + \frac{1}{l'_s} u_{as}, \\
pi_{ys} &= -\frac{r_{\exists} + pl'_s}{l'_s} \cdot i_{ys} + \frac{k_r r_r}{l'_s l_r} \psi_{\beta r} - \omega_k i_{as} - \frac{k_r}{l'_s} \omega \psi_{ar} + \frac{1}{l'_s} u_{\beta s}, \\
p\psi_{ar} &= -\frac{r_r}{l'_r} \psi_{ar} + k_r r_r i_{as} + (\omega_k - \omega) \psi_{\beta r}, \\
p\psi_{\beta r} &= -\frac{r_r}{l'_r} \psi_{\beta r} + k_r r_r i_{\beta s} - (\omega_k - \omega) \psi_{ar}, \\
m_{\exists} &= k_r (i_{\beta s} \psi_{ar} - i_{as} \psi_{\beta r}), \\
Jp\omega &= m_{\exists} - m_C.
\end{aligned} \tag{3.3.1}$$

©1619.6.7.3.4.18.152011.13.04.198.567.002.098.08.653.516.19.82.10.16.12.8559.4.515.14.190

$$\begin{aligned}
k_r &= \frac{l_m}{l_m + l_{r\sigma}}, & k_r \cdot r_r &= \frac{l_m \cdot r_r}{l_m + l_{r\sigma}}, & \frac{r_r}{l_r} &= \frac{r_r}{l_m + l_{r\sigma}}, \\
l'_s &= (1 - k_s k_r) l_s = \frac{(l_{r\sigma} + (1 - k_s) l_m) l_s}{l_m + l_{r\sigma}} = f_3(l_{r\sigma}),
\end{aligned} \tag{3.3.2}$$

$$\begin{aligned}
\frac{1}{l'_s} &= \frac{1}{f_3(l_{r\sigma})}, & \frac{r_{\exists} + pl'_s}{l'_s} &= \frac{r_s + k_r^2 r_r + p(f_3(l_{r\sigma}))}{f_3(l_{r\sigma})}, & \frac{k_r}{l'_s} &= \frac{k_r}{f_3(l_{r\sigma})}, \\
\left(\frac{r_r \cdot k_r}{l_r} + pk_r\right) / l'_s &= \left(\frac{r_r \cdot k_r}{l_r} + pk_r\right) / f_3(l_{r\sigma}).
\end{aligned}$$

©971019.07.18.812.318.8559.10989.10.16.107.104.10.3.(3.3.1) (19)(3.3.2) 67.16.89.10.2.418.

4.11)7.8.3.6. (19)B.7 8559.10989.10.445.

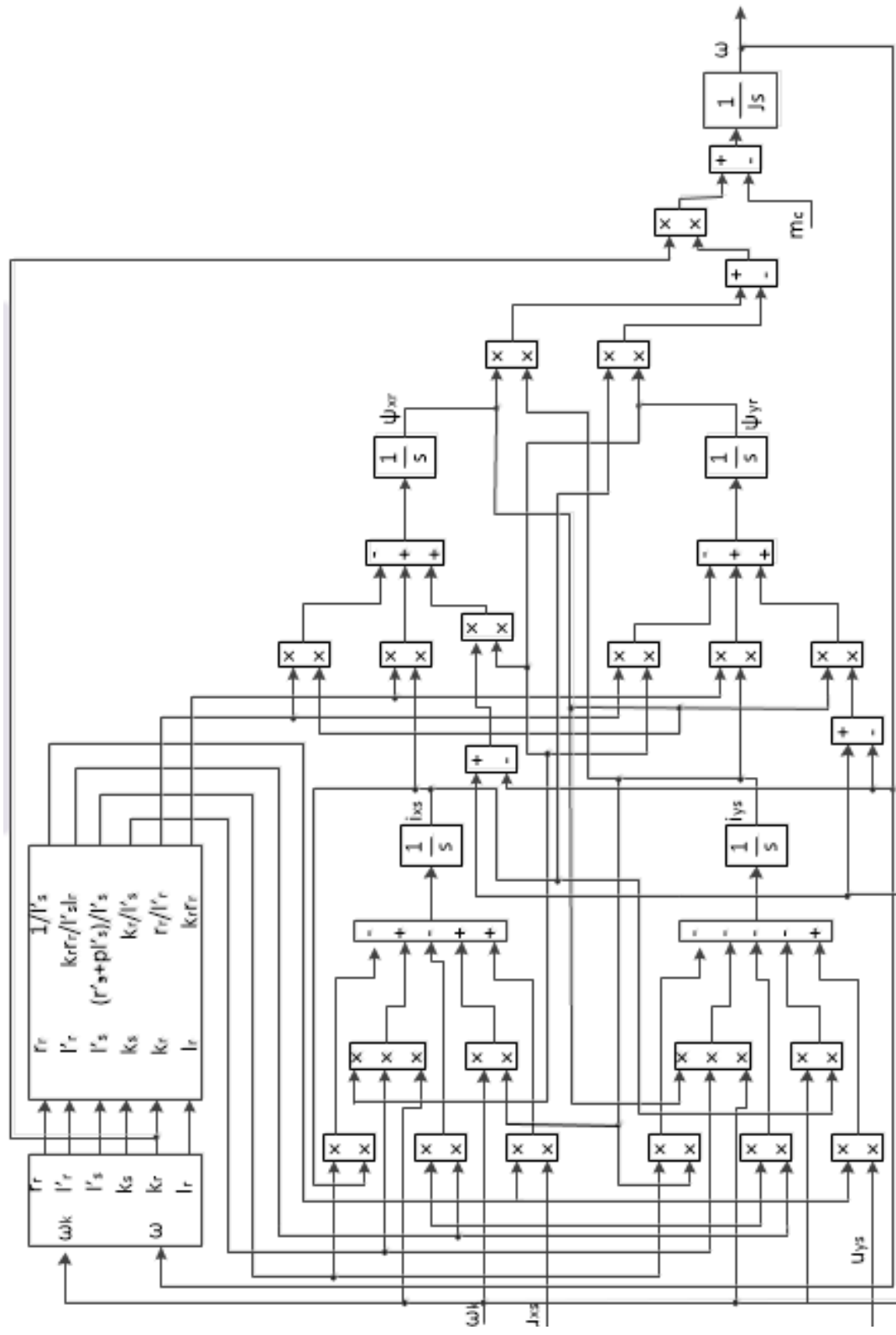


Рисунок 3.6 - Структурная схема математической модели АД

в декартовых координатах в переменных i_s — ψ_r

$$\begin{aligned}
\rho\Psi_{xs} &= -\frac{r_s}{l'_s}\Psi_{xs} + k_r\frac{r_s}{l'_s}\Psi_{xr} + \omega_k\Psi_{ys} + u_{xs}, \\
\rho\Psi_{ys} &= -\frac{r_s}{l'_s}\Psi_{ys} + k_r\frac{r_s}{l'_s}\Psi_{yr} - \omega_k\Psi_{xs} + u_{ys}, \\
\rho\Psi_{xr} &= -\frac{r_r}{l'_r}\Psi_{xr} + k_s\frac{r_r}{l'_r}\Psi_{xr} + (\omega_k - \omega)\Psi_{ys}, \\
\rho\Psi_{yr} &= -\frac{r_r}{l'_r}\Psi_{yr} + k_s\frac{r_r}{l'_r}\Psi_{yr} - (\omega_k - \omega)\Psi_{xs}, \\
m_\Theta &= \frac{k_r}{l'_s}(\psi_{ys}\psi_{xr} - \psi_{xs}\psi_{yr}), \\
Jp\omega &= m_\Theta - m_C.
\end{aligned} \tag{3.4.1.}$$

(8) 9(19) 107(10) 114(16) 141(19b) 592(14) 98(19) 59.107(10) 114(16) (2.1.11) 3(9) 3(9) 14(16) 815(20) 3.5(13) 2(19) (18) 41275445(20) 3(15) 418. 8. 65895(14) 4183(19) 6(17) 3(9) 7(13) 9521915. 9(13), 1495. 152011(19) 13(19) 498(18) 819(18) 8(19) 5914(18) 89598(19) 951(17) 75957(11) 567(16) 2(16) 3.5(20) 85594515(14) 10(13). (3.2.7) (19) 2(19) (3.2.8).

$$\begin{aligned}
\alpha_r &= \frac{r_r}{l'_r} = \frac{r_r}{l_{r\sigma} + (1 - k_s)l_m} = r_r \cdot f_1(l_{r\sigma}), \\
\frac{k_s \cdot r_r}{l'_r} &= k_s \cdot \alpha_r, \\
\frac{1}{l'_s} &= \frac{1}{(1 - k_s k_r)l_s} = \frac{l_m + l_{r\sigma}}{l_s(l_{r\sigma} + (1 - k_s)l_m)} = f_2(l_{r\sigma}) \cdot f_1(l_{r\sigma}), \\
\frac{k_r}{l'_s} &= k_s \cdot f_1(l_{r\sigma}),
\end{aligned} \tag{3.4.2}$$

① 9710191074(10) 812(13) 8559(13) 989(10) 16(10) 107(10) 114(16) 3. (3.4.1) 67(16) 89(10) 2(14) 4(11) 7(19) 8.3.8. ① 12(13) 251(11) 11573(19) 75(13) 4(19) r_r (19) $l_{r\sigma}$ 8559(13) 989(10) 9.7(19) 8.3.3, (11) 812(13) 251(11) 11573(19) 75(13) 4(19) 6(17) 3(9) 4.1812.152011(19) 13(19) 495(13) 7(19) 8.3.9) 81573(19) 75(13) 4(11) 85(14) 845. 107(10) 114(16) (3.4.2).

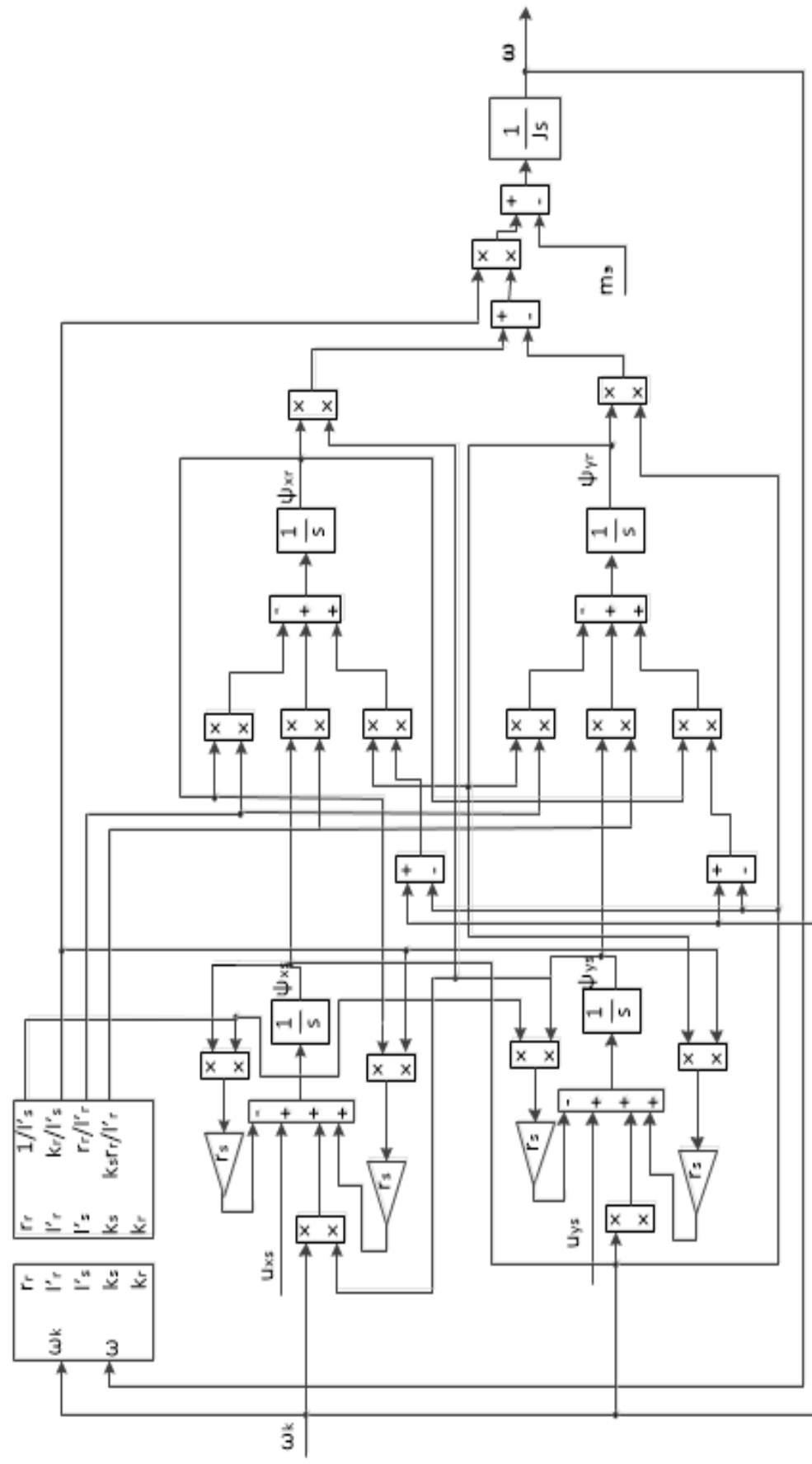
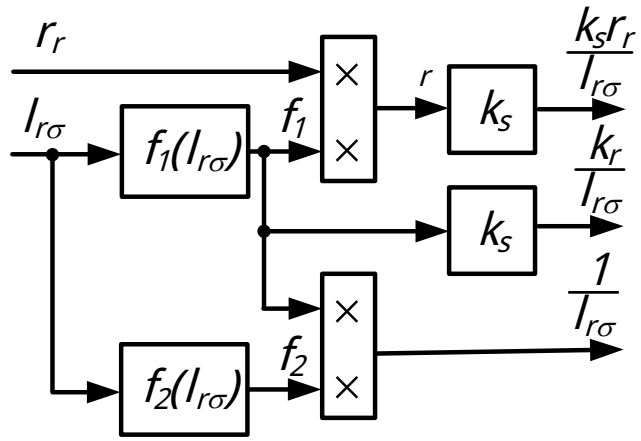


Рисунок 3.8 - Структурная схема математической модели АД в декартовых координатах в переменных $\psi_s - \psi_r$



©1981045.1.3.9. ©1213(11)(12)25.1(11)6(16)(163)(164)41812.1520111(19)(19)64195(13)(15)2(b)7198.3.10

4 ⑮(16)(18)10. 2. 19. 9. (11) 9. 18. 3. 5. (15)(16) 2. (19) 7. 5. (13)(11) 4. (19)(b) (11) 8. (19) 4. 12. 7. 5. (15)(16) 1. (11) 7. 9. 5. (13)18.12. 1. 5. 5. 7. (15)(19) 4. (11) 9. (11)12. 8. 10.14.(16) 9. 5. 3. (13)18. 9. (16) 8. 4. (19)2

4.1 ⑮(11) 8. 14. (16)⑨(4) 18. (16) (15)(13)(19)(14)(11) 9. (16) 2. (16)(20) 4 160⑪4⑱3 (19) 4⑲2

①(15) 2. 14. 18. 9. (12) 13. 1. 6. 7. (19) 8. 6. 4. 18. 8. 6. 7. (10) 5. 14. 18. (16)(15) 4. 18. (16)(15) 9. (14) 9. 12. (16) 9

①(10) 2. 13. 14. 1. ⑫53(19)(11) 2. 19. 18. (16)(15) 4. 18. (16)

①(16) 2. 14. 18. (11) ③(13) 9. 12. 19.	$P_{2\text{НОМ}}, 10^3$	$U_{\phi \text{НОМ}}, \text{В}$	Z_p	$s_H, \%$	$\eta_H, \%$	$\cos \varphi_H$
4~160⑪4⑱⑥	18,5	220	2	2,2	89,5	0,88
4~250S4⑱⑥	75	220	2	1,2	0,93	0,9

①(10) 2. 13. 14. 2. ⑭(11) 7. 3. (19) 7. 8. 8. 12. 3. 18. (18) 3. (16) 4. (19) 5. (16)

①(16) 2. 14. 18. (11) ③(13) 9. 12. 19.	X_m	R'_1	X'_1	R''_2	X''_2	$R''_{2\Pi}$	$R_{K\Pi}$	$X_{K\Pi}$
4~160⑪4⑱⑥	4,3	0,042	0,085	0,024	0,13	0,037	0,079	0,14
4~250S4⑱⑥	4,4	0,026	0,089	0,014	0,11	0,027	0,052	0,15

①(10) 2. 13. 14. 3. ⑭(10) 8. 15. 18. 8. 15. 8. 9. (11)

①(16) 2. 14. 18. (11) ③(13) 9. 12. 19.	$m_{\text{в}}$	$m_{\text{т}}$	$m_{\text{г}}$	$s_{\text{г}}, \%$	$J_{\text{вг}} 10^{-3} \text{кг}^2$
4~160⑪4⑱⑥	1,4	1	2,3	16	0,13
4~250S4⑱⑥	1,2	1	2,3	9,5	1

⑥(11) 4. 4. (19) 12. (18) 8. 4. 18. 12. (18) 2. 14. 18.

①(10) 2. 13. 14. 4. ⑮(15) 8. 4. 9. (12) (18) 8. 4. 18. 12. (18) 2. 14. 18.

①(16) 2. 14. 18. (11) ③(13) 9. 12. 19.	③(12) 5. 4. 11. 14. 1. (19) 6	⑤(11) 8. 4. 9. (11) 11. 5. 7. 3. 10. 2. (11)	(2) 19. 8. 2. 14. 5. (16) 12. 14. 18. (19) 6	
			4~188⑪4⑱⑥	4~250S4⑱⑥
—(10) 8. 4. 5. (16) 4. (16) 7. (16) 4. (19) 6	$U_{\text{в}} = U_{\phi \text{НОМ.max}}$	$\sqrt{2} U_{\phi \text{НОМ}}$	311,127 ①	311,127 ①
—(10) 8. 4. 18. (20) 9. 5. 1.	$I_{\text{в}} = I_{\phi \text{НОМ.max}}$	$\frac{\sqrt{2} P_{2\text{НОМ}} \cdot 10^3}{3 \eta_H \cdot \cos \varphi_H U_{\phi \text{НОМ}}}$	50,33 ˆ	192 ˆ
—(10) 8. 4. (11) 10. 2. 5. (13) (16) 14. 18. 9. 5. 9. (11)	$\Omega_{\text{в}} = \Omega_{\text{сНОМ}}$	$2\pi f_{\text{НОМ}}$	314,159 7(10) 8.	314,159 7(10) 8.
—(10) 8. 4. 18. (20) 6. 5. (5) 7. 5. 9. (11)	$\theta_{\text{в}}$	---	1 202. 7(10) 5.	1 202. 7(10) 5.
—(10) 8. 4. 5. (16) 13. 7. 3. (16)	$T_{\text{в}}$	$\theta_{\text{в}} / \Omega_{\text{в}}$	0,0032 8.	0,0032 8.

⑭ 75,52(17) 4(19) 9(10) 2(19) 38.4.4.

—(10) 845(16) 6595.1583(16) 2(14) 4(19) 6	ψ_6	$U_6 \cdot T_6$	0,9903 ①(12)	0,9903 ①(12)
—(10) 84(10b) (19) 4(19) 9(19) 3(14) 5899.	L_6	ψ_6 / I_6	0,0193 ②4.	0,0052 ②4.
—(10) 845(16) 856.759(19) 3(14) 4(19) 6	R_6, z_6	U_6 / I_6	6,1816 ③3.	1, 6204 ③3.
—(10) 84(10b) 3516.45899.	P_6	$\frac{3U_6 \cdot I_6}{2}$	23489,1 ①9.	89605,74 ①9.
—(10) 84(10b) 10.25(13) (b) 14: 8959(11) (13) 7: 116(16) 4(19) b) 75957(11)	Ω_{6r}	Ω_6 / z_p	157,08 7(10) 8.	157,08 7(10) 8.
—(10) 84(18) 20 10.52. 65: 5759(11) 75957(11)	θ_{6r}	θ_6 / z_p	0,5 7(10) 8.	0,5 7(10) 8.
—(10) 84(18) 20 353(16) 49.	M_6	P_6 / Ω_{6r}	149,536 ②3.	570,45 ②3.
—(10) 84(18) 20 353(16) 49. (19) 4(16) 7(13) 9(9)	J_6	$M_6 \cdot T_6 \cdot z_p / \Omega_6$	0,003 1(10) 3 ²	0,0116 1(10) 3 ²

⑮ 4(14) 4(19) 6(17) 3(16) 975(13) 3(19) 3(19) 9(14) 81(19) 2. 3.5(15) 2(16) (11) 8. 41275445(20) 3(15) 418. (13)

59458(19) 9(16) 21941812(16) 9(13) 12.

⑰ (10) 2(19) 3(14) 5. ⑱ 84(9) 6(17) 3(16) 975(13)

⑭ (11) 7(13) (19) 7.	⑬ (12) 5(14) (11) 4(19) 6	⑲ (11) 84(9) 418. (16) 85594515. (16) 4(19) b)	⑮ 4(14) 4(19) 6(17) 3(16) 97(11)	4(16) 0(11) 4(18) 6	4(16) 250S4(18) 6
~ 19(19) 3(15) 45(16) 856.759(19) 3(14) 4(19) 6 11(10) 48. 89: 95745(20) 13(16) (19)	r_s	R'_1	0,042	0,026	
~ 19(19) 3(15) 45(16) 856.759(19) 3(14) 4(19) 6 11(10) 48. 7595745(20) 13(16) (19)	r_r	R''_2	0,024	0,014	
⑦ 4(19) 3(15) 45(16) 856.759(19) 3(14) 4(19) 6 11(10) 48. 89: 957(11)	$l_{s\sigma}$	X'_1	0,085	0,089	
⑦ 4(19) 3(15) 45(16) 856.759(19) 3(14) 4(19) 6 11(10) 48. 75957(11)	$l_{r\sigma}$	X''_2	0,13	0,11	
① (10) 8(13) 4(10b) (19) 4(19) 9(19) 3(14) 5899. 5(12) 3.595.1. 89: 957(11) 75957(11)	l_m	X_m	4,3	4,4	
⑭ 524(10b) (19) 4(19) 9(19) 3(14) 5899. 11(10) 48. 5(12) 3.591(19) 89: 957(11)	l_s	$l_{s\sigma} + l_m$	4,385	4,489	
⑭ 524(10b) (19) 4(19) 9(19) 3(14) 5899. 11(10) 48. 5(12) 3.591(19) 75957(11)	l_r	$l_{r\sigma} + l_m$	4,43	4,51	
~ 19(19) 3(15) 45(16) 856.759(19) 3(14) 4(19) 6 25(12) 5(13) 5(20) 14: 89(19) 5(12) 3.591(19) 75957(11)	$r_{r,л}$		0,0048	0,0028	

⑭ 75,152(17) 4(19) 9(10) 2(19) 138,4.5.

$\sim 19(19) 4(16) 856759(13) 2(16) 6(10) 5(13) 5(20)$ $14(89) 5(12) 3591(19) 75957(11) 67(19)$ $7(10) 453(16) 7453. 7(10) 67(10) 2(16) 95.1(11) 65.$ $8(14) 4(19) 89(17) 4(16)$	$r_{r.н}$		0,0192	0,0112
$\textcircled{7} 4(19) 10(19) 4(16) 856759(13) 2(16) 6(10) 5(13) 5(20)$ $14(89) 5(12) 3591(19) 75957(11)$	$l_{r.2}$		0,013	0,011
$\textcircled{7} 4(19) 10(19) 4(16) 856759(13) 2(16) 6(10) 5(13) 5(20)$ $14(89) 5(12) 3591(19) 75957(11) 67(19)$ $7(10) 453(16) 7453. 7(10) 67(10) 2(16) 95.1(11) 65.$ $8(14) 4(19) 89(17) 4(16)$	$l_{r\sigma.н}$		0,117	0,099
$\textcircled{9} 52011(13) 49.8(13) 89(11) 957(11)$	k_s	l_m/l_s	0,9806	0,9802
$\textcircled{9} 52011(13) 49.8(13) 75957(11)$	k_r	l_m/l_r	0,9707	0,9756
$\textcircled{14} 52418(20) 152011(13) 49. 7(10) 88(16) 4(19)$ $3(15) 418.$	σ	$1 - k_s \cdot k_r$	0,0482	0,0437
$(8) 1(10) 2(16) 494(10) 194(19) 4(10) 9(11) 4(10) 8.$ $89(19) 957(11)$	$l'_s = l_3$	$\sigma \cdot l_s$	0,2112	0,1963
$(8) 1(10) 2(16) 494(10) 194(19) 4(10) 9(11) 4(10) 8.$ $75957(11)$	l'_r	$\sigma \cdot l_r$	0,2134	0,1972
$(8) 1(10) 2(16) 494(10) 856759(13) 2(16) 11(10) 8.$ $89(19) 957(11)$	r_3	$r_s + k_r^2 \cdot r_r$	0,0646	0,0393
$(8) 1(10) 2(16) 494(10) 65895(14) 1(10) 7(13) 13(14) 19$	T_3	l_3/r_3	3,2685	4,9921
$\textcircled{14} 5895(14) 1(10) 7(13) 13(14) 19) 75957(11) 45(20) 13(16)$	T_r	l_r/r_r	8,8897	322,143
$\textcircled{11} 53(16) 49(16) 7(13) 13(14) 19) 75957(11)$	J	$J_{ДР}/J_6$	42,901	86,5075

③ 2(15) 1(10) 4(16) 9(12) 4(16) 160(11) 4(18):

⑭ 5.867(10) 514183.(15) 44183. 67(19) 1(10) 44183.(13) 4.1 4(10) 3. 951. $I_{нф}$

$$I_{нф} = \frac{P_{2ном} \cdot 10^3}{3 \cdot \eta \cdot \cos \varphi \cdot U_{нф}}$$

—(10) 845(16) 4(16) 7(10) 4(16)

$$U_{(12)} = U_{s.max.453} = \sqrt{2} \cdot U_{453}$$

$$U_{(12)} = \sqrt{2} \cdot 220 = 311,127 \text{ ①}$$

—(10) 8418(20) 951:

$$I_{(12)} = I_{s.max.453} = \sqrt{2} \cdot I_{453}$$

(12) 25.1(11) 1520111(19) 4.95(13) 8(16) 3(16) 8(16) 189(16) 84(16) 3.95(11) 75957(11)

$$r_{r.n} = r_R - r_{r.l} = 0,0192$$

$$l_{r.б.n} = L_{R\sigma} - L_{r\sigma.l} = 0,117$$

$$r_{r.l} = r_R (20\%) = 0.0048$$

$$l_{r\sigma.l} = L_{r\sigma} (10\%) = 0.013$$

3(11) 2(16) 567(16) 2(19) 3.59458(19) 2(16) 219410(а) (13) 1885910.89(16) 7(17) 4(16) 5(12) 3.591(19) 75957(11)

$$h = \frac{H}{H_{\text{пр.б}}},$$

(14) 6) H - (13) 18859(11) 89(16) 7(17) 4(16) 5(12) 3.591(19) 75957(11) 83;

$H_{\text{пр.б}}$ - (12) 84(16) 20(19) 2(16) 494(16) 210(14) 4(11) 6.754(19) 1.45(19) 4(19) 95.1(11) 83.

14) 582(16) 4(16) 2(19) 14(11) 6.7(16) 89(16) 2(16) 9.85(12) 20(19) 2(16) 49410(а) (14) 210(14) 410.6754(19) 1.45(19) 4(19) 95.1(11) (13) 89(16) 7(17) 4(16) 19. (13) 7(16) 19(16) 1575915(15). (16) 318.1(14) (19) 6.7(19) 453(19) 4(11) 21945(20) ((12) 84(16) 20(19) 2(16) 494(16) 210(14) 4(11) 6.754(19) 1.45(19) 4(19) 95.1(11) 83.) 3) 4(11) 567(16) 2(19) 3.59458(19) 2(16) 219410(а) 16(19) 3.187(16) 7(17) 4(16) 3:

$$H_{\text{пр.б}} = 10^{-2} \sqrt{\frac{2\rho}{\mu \cdot \Omega_{\text{сн}}}} = 10^{-2} \sqrt{\frac{\rho}{\mu \pi f_{\text{сн}}}}. \quad (4.1)$$

6) 819.ρ - 10(15) 21945(16) 856759(19) 2(16) 4(19) 89(16) 7(17) 4(16) Ом · мм²/м;

9(11). 82(16) 10(19) 1157310218. (4.1), 6.7(19) 89(16) 7(17) 4(16) 1945(20) 14(19) 8959(16) 6(19) 9(12) 4(19) b) $f_{\text{сн}} = 50 \Gamma y$ (19) 186524(16) 4(19) 5(12) 3.591(19) 75957(11) 19(18) 2(19) 1812(11) 2(а) 3(19) 4(19) 6(19) 1812. 89(16) 7(17) 4(16) (12) 84(16) 20(19) 2(16) 494(16) 210(14) 4(11) 6.754(19) 1.45(19) 4(19) b) $H_{\text{пр.б}} = 1,41 \text{ см}$.

17(11) 19) 3.5(12) 7(16) 53. (13) 18859(11) 89(16) 7(17) 4(16) 7(16) 4(11)

$$h = \frac{H}{1,41} = \frac{3,4}{1,41} = 2,4113.$$

15) 884(19) 9(13) 20(19) 6(11) 7(16) 3(19) 718. 318. 35(17) 16(16) 3. 67535(15) 2(19) 75(18) 9(15) 3(19) 4(19) 9(16) 2198.104(16) 953. (13) 189(16) 84(16) 4(19) 95.1(11) 75957(11) 65(15) 89(16) 7(17) 4(16) 154.17(16) 9418(16) 13(12) 4418(16) 13(12) 25.1. 1520111(19) 13(19) 4.95(13)

③ 2.15.19.16.2.4 ~ 250S4 ⑧3:

⑭ 5.86.7.10.5.14.18.3. (15) 4.18.3. 6.7.10.16.5.4.18.3. (13) 4.1 4.10.5.6.3. 95.1. $I_{нф}$

$$I_{нф} = \frac{P_{2ном} \cdot 10^3}{3 \cdot \eta \cdot \cos \varphi \cdot U_{нф}}$$

(14)6) $I_{453} = 453$ (19)4. 219.18. (20)11. 418. (20)95.1.5. 3.591. (19)89. 957. (11) ~

$$I_{453} = \frac{P_{2453} \cdot 10^3}{3 \cdot \eta \cdot \cos \varphi \cdot U_{453}}$$

$$I_{453} = \frac{75000}{3 \cdot 0,93 \cdot 0,9 \cdot 220} = 135,77 \text{ A}$$

— (10)8) 8.4.18. (20)95.1:

$$I_{(12)} = \sqrt{2} \cdot 135,77 = 192 \text{ A}$$

— (10)8) 8.4. (10)10. 25. (13)11. 8959. (11)

$$I_{(12)} = 2 \cdot (u) f_{s, 453}$$

(14)6) $f_{s, 453} = 50$ ②13— 453. (19)4. 219. (10)11. 418. 8959. (11) 4. 6.7. (10)16. 4. (19)6. 9. 4. (19)6)

$$I_{(12)} = 2 \cdot (u) 50 = 314,159 \text{ A} \text{ (10)8) 8.}$$

— (10)8) 8.4.5. (16)13. 7.3. (14)

$$T_{(12)} = \frac{1}{f_{(12)}} \text{ s}$$

$$T_{(12)} = 1 / 314,159 = 0,0032 \text{ s}$$

—(100)84.5(16)65951583.62(14)(19)6

$$\angle_{(12)} = U_{(12)} T_{(12)}$$

$$\angle_{(12)} = 311,127 \cdot 0,0032 = 0,9903 \text{ ①(12)}$$

—(100)84.5(16)1019.13(15)4.58919.

$$L_{(12)} = \angle_{(12)} I_{(12)}$$

$$L_{(12)} = 0,9903 / 192 = 0,0052 \text{ ②4.}$$

—(100)84.5(16)856759.13(16)2.4(19)6

$$Z_{(12)} = U_{(12)} / I_{(12)}$$

$$Z_{(12)} = 311,127 / 192 = 1,6204 \text{ ③3.}$$

—(100)84.5(16)3.516.458919.

$$P_{(12)} = 3 \cdot U_{(12)} I_{(12)} / 2,$$

$$P_{(12)} = 3 \cdot 311,127 \cdot 192 / 2 = 89605,74 \text{ ④9.}$$

—(100)84.5(16)10.25(18)14.8959.11(13)7.16(14)(19)75957(11)

$$I_{(12)} = I_{(12)} Z_p,$$

$$I_{(12)} = 314,159 / 2 = 157,08 \text{ ⑤(10)78.}$$

—(100)84.5(16)10.52.65(13)5.759(11)75957(11)

$$\ddot{e}_{(12)} = \ddot{e}_{(12)} / Z_p,$$

$$\ddot{e}_{(12)} = 1 / 2 = 0,5 \text{ ⑥(10)5.}$$

—(10)8418(20)3.53(16)49.

$$M_{(12)} = P_{(12)} / i_{(12)},$$

$$M_{(12)} = 89605,74 / 157,08 = 570,45 \text{ ⑫ } 3.$$

—(10)8418(20)3.53(16)49.4.713(19)9.

$$J_{(12)} = M_{(12)} T_{(12)} Z_{\rho} / i_{(12)}$$

$$J_{(12)} = 570,45 \cdot 0,0032 \cdot 2 / 314,159 = 0,0116 \text{ 1(14)B}^2.$$

—(10)845(16)4.67(17)164(19)6.

$$U_{(12)} = U_{s.max.453} = \sqrt{2} \cdot U_{453i}$$

$$U_{(12)} = \sqrt{2} \cdot 220 = 311,127 \text{ ①}$$

⑬ 884.9(10)3. $L_{r\sigma}$, (15) 4.418(16)2.b) 7.814.9(11)5.193(16)3. (13) 867(10)5144(19)1(16)247.

$$L_{r\sigma} = \frac{L_{\sigma 2}}{L_B} = 0,11$$

⑭ 6.719.7(16)884.9(10)3. 6.7(11)3(16)978.6(10)5.18x(19)25.5.18x(11)89(16)0 1595718(16)410(17)418.(15)2.b)
(12) 25.1(11)1520111(19)9(13)4.95(13)8x(16)3(16) ⑮ 8.189(16)84.4(19)6.3. 95.1(11)75957(11)

$$r_{r.n} = r_R - r_{r.n} = 0,0112$$

$$l_{r.\delta.n} = L_{R\sigma} - L_{r\sigma.n} = 0,099$$

$$r_{r.n} = r_R (20\%) = 0,0028$$

$$l_{r\sigma.n} = L_{r\sigma} (10\%) = 0,011$$

③(11) 2.16) 56.7(16) 2.19) 59.458(19) 219.10(а) (13) 859.089(16) 7(17) 4(б) 5(12) 3.591(19) 75957(11)

$$h = \frac{H}{H_{\text{пр.б}}},$$

(14) 6) $H - (13) 859(11) 89(16) 7(17) 4(б) 5(12) 3.591(19) 75957(11) 83;$

$H_{\text{пр.б}} - (12) 84(11) 20(13) 2(16) 4.94(11) 210(12) 4(11) 6.754(19) 145(13) 4(19) 95.1(11) 83.$

④(14) 582(16) 4(б) (13) 2(19) 4(11) 6.7(16) 89(16) 2(16) 9.85(12) 5(20) 20(13) 2(16) 4.9410(а) (14) 210(12) 410. 6754(19) 145(13) 4(19) 95.1(11) (13) 89(16) 7(17) 4(19) 19(13) 7(16) 7(19) 3(16) 1575915(15) (16) 318.1(14) (19) 6.7(19) 453(19) 4(11) 219.5(20) (12) 84(11) 20(13) 2(16) 4.94(11) 210(12) 4(11) 6.754(19) 145(13) 4(19) 95.1(11) (15) 318.1(14) 9(12) (б) ⑬(11) 56.7(16) 2(16) 98(б) 82(16) 10(а) 16(19) 3. (13) 8.7(17) 4(19) 3:

$$H_{\text{пр.б}} = 10^{-2} \sqrt{\frac{2\rho}{\mu \cdot \Omega_{\text{сн}}}} = 10^{-2} \sqrt{\frac{\rho}{\mu \pi f_{\text{сн}}}}. \quad (3.7)$$

⑤(15) 819.ρ - 10(15) 219.5(16) 856.759(19) 3(16) 4(19) 6(19) 89(16) 7(17) 4(б) Ом · мм²/м.

⑥(11) 82(16) 10(6) (19) 8) 1157310218. (3.7), 6.7(19) 89(16) 4(15) 794.5(20) 14(8) 959(16) 6(19) 4(19) (б)

$f_{\text{сн}} = 50 \Gamma y$ (19) (13) 86524(16) 4(19) 5(12) 3.591(19) 75957(11) (19) 8) 2(19) 9(12) (11) 2(а) 3(19) 4(19) 6(19) 812. 89(16) 7(17) 4(16) (12) 84(11) 20(13) 2(16) 4.94(11) (14) 210(12) 4(11) 6.754(19) 145(13) 4(19) (б)

$H_{\text{пр.б}} = 1,41 \text{ см}.$

⑦(11) 19) 3.5(12) 1(10) 53. (13) 859(11) 89(16) 7(17) 4(б) 7(17) 4(11)

$$h = \frac{H}{1,41} = \frac{5}{1,41} = 3,5461.$$

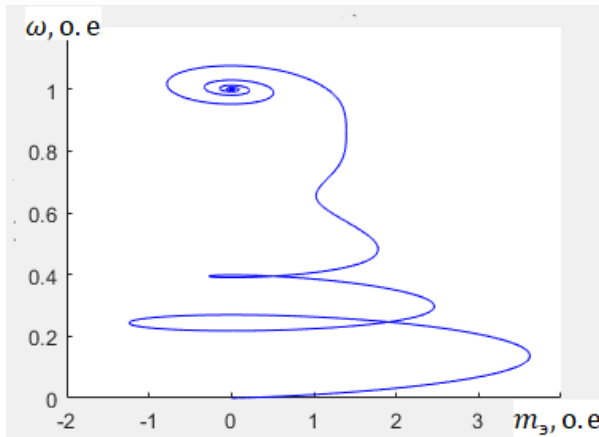
⑧(13) 884(19) 9(11) 20(19) 6(11) 7(13) (16) 718, 318.35(17) (16) 3. 6753.5(15) 2(19) 75(13) 9(15) 3(19) 4(19) 219. 8.104(16) 953. (13) 89(16) 84(11) 20(13) 2(16) 4.94(11) 210(12) 4(11) 6.754(19) 145(13) 4(19) 95.1(11) 75957(11) 65(15) 89(16) 7(17) 4(19) 3) 154.17(16) 9418(16) (15) 4(18) (13) 12) 251. 1520.111(19) 13(19) 4(19) 5(13)

4.1 ⑬(11) 84.9.418(16) (15) 4(18) (16) 3(19) 4(19) 9(16) 2(16) 4(11) 160(14) ⑬(19) 4(19) 250(11) 4(18) 3

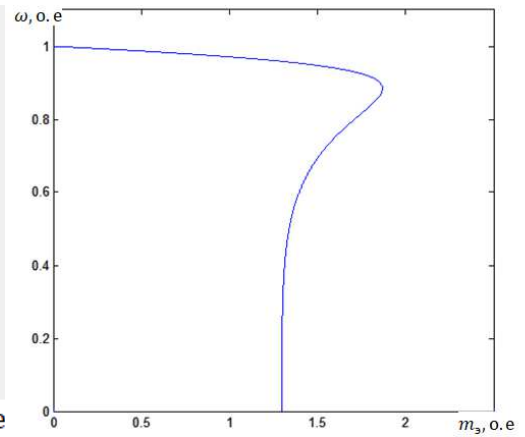
4.2 ⑬(11) 84.9.418(16) (15) 4(18) (16) 3(19) 4(19) 9(16) 2(16) 4(11) 160(14) ⑬(19) 4(19) 250(11) 4(18) 3
6(16) 7(16) 3(16) 4(18) 12.

4.2.1 ⑮(16)(18)10.2.19.9.(11)9.18.3.5.(16)(18)2.19.4.7.25.7.5.4.4.4.(19)(14)5.(15)(13)(19)(14)(11)9.

4~160⑪4⑱3



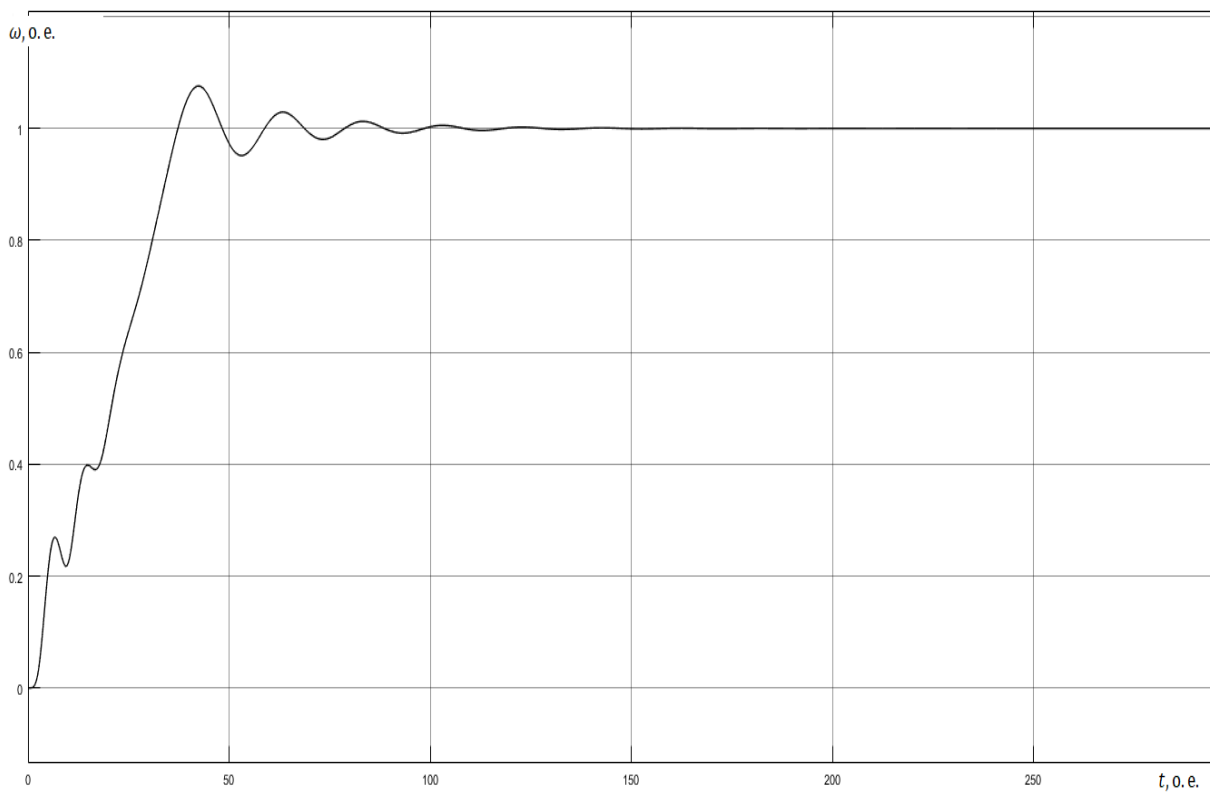
(i)



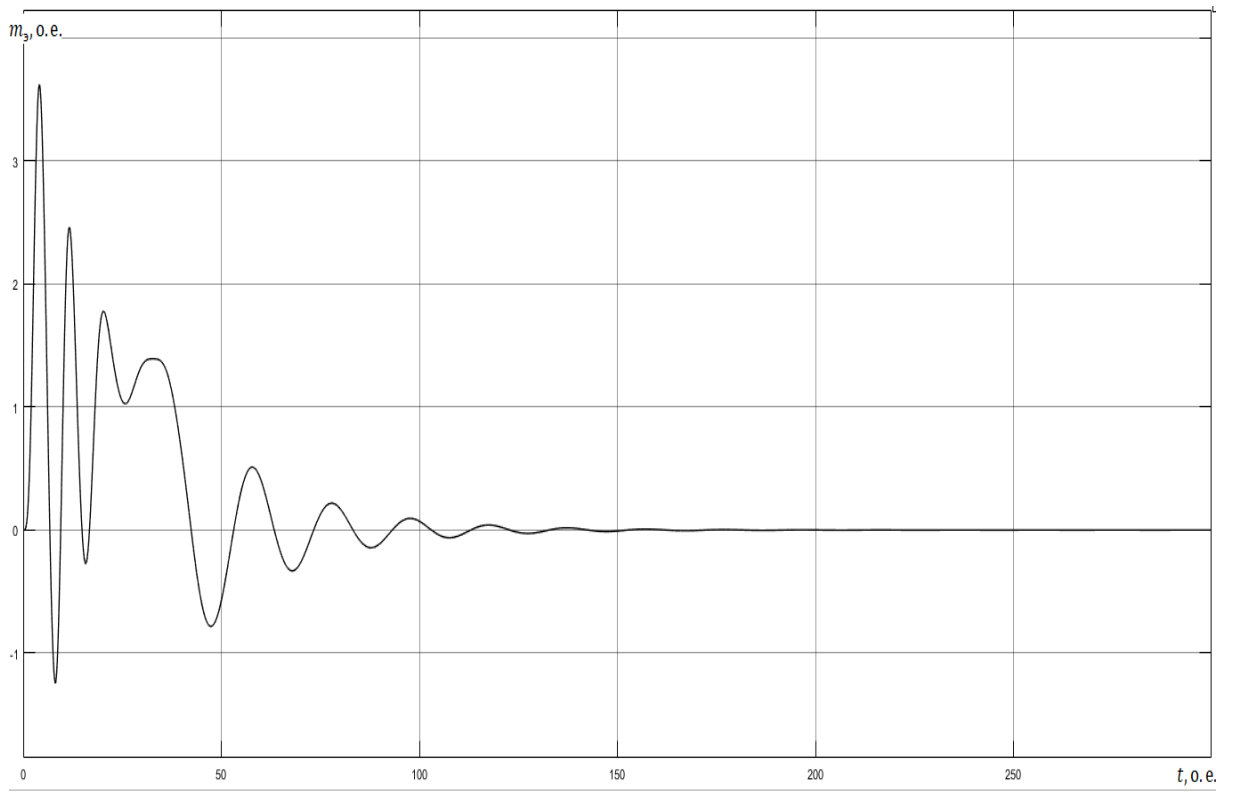
(ii)

⑮(19)81045.1.4.1 - ③(19)(11)(13)(19)14.81(19)(11)(10)(5)(18)(20)65797.9(16)(16)(16)8.3.589(19)8157589(19)59.353(16)4.9(11)(19)

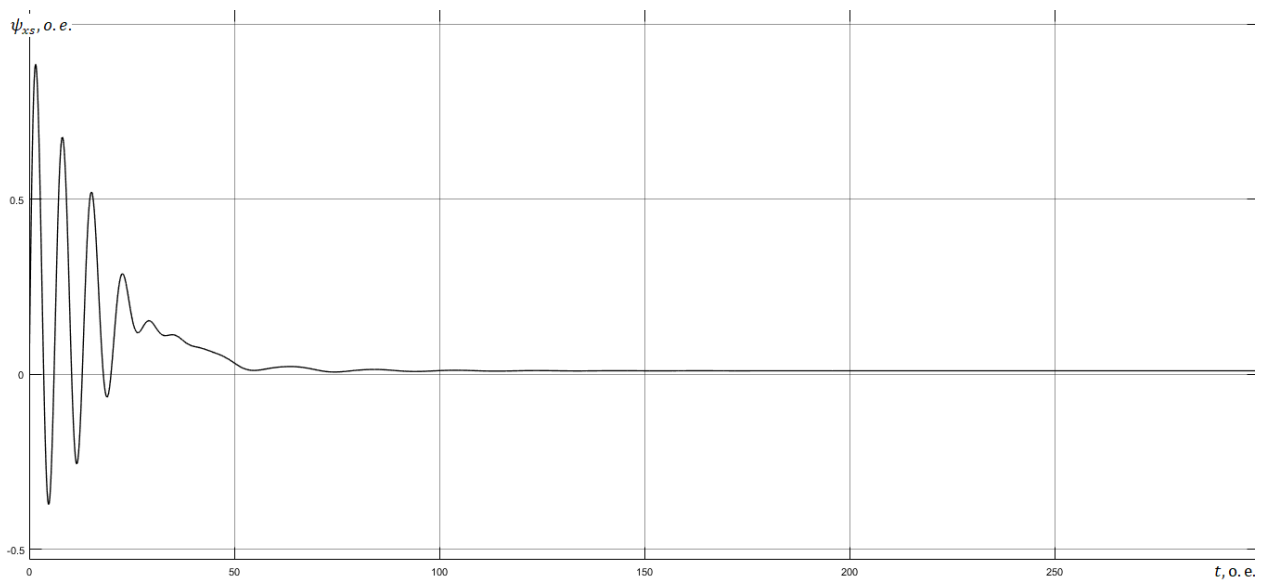
89.9.14.81(19)(11)(10)(5)(18)(20)65797.9(16)(16)(16)8.3.589(19)8157589(19)59.353(16)4.9(11)



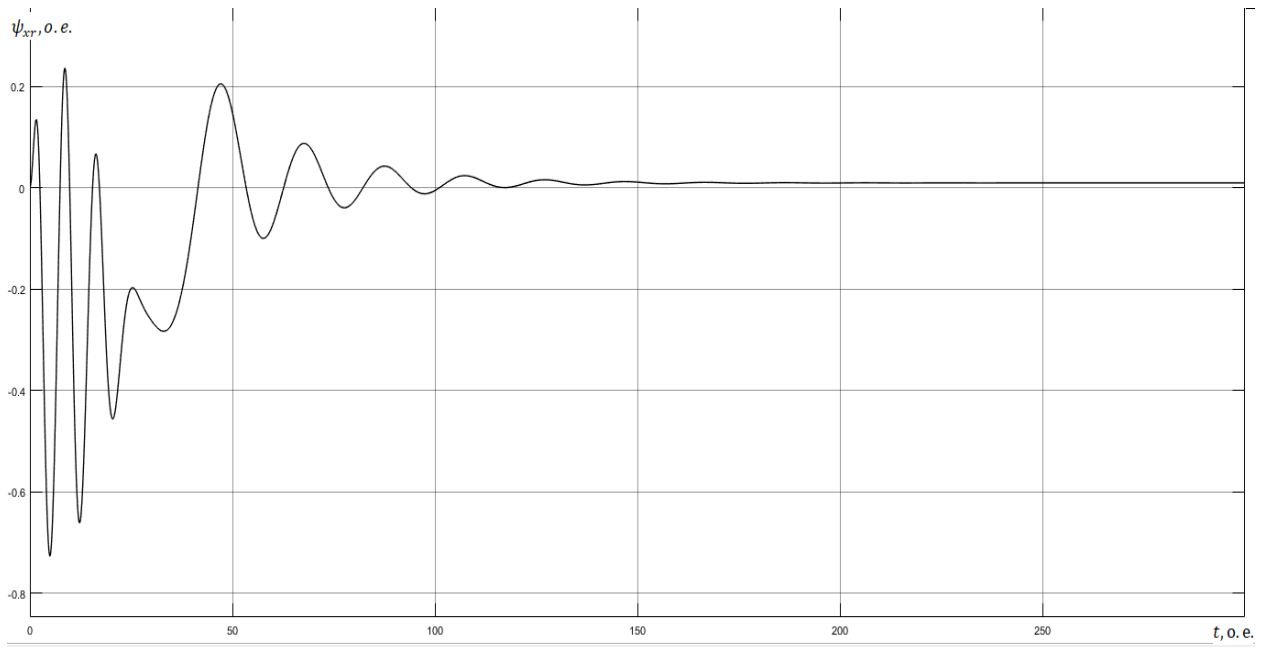
⑮(19)81045.1.4.2 - ②(11)(19)(11)(13)(19)14.81(19)(11)(10)(5)(18)(20)65797.9(16)(16)(16)8.3.589(19)8157589(19)59.353(16)4.9(11)



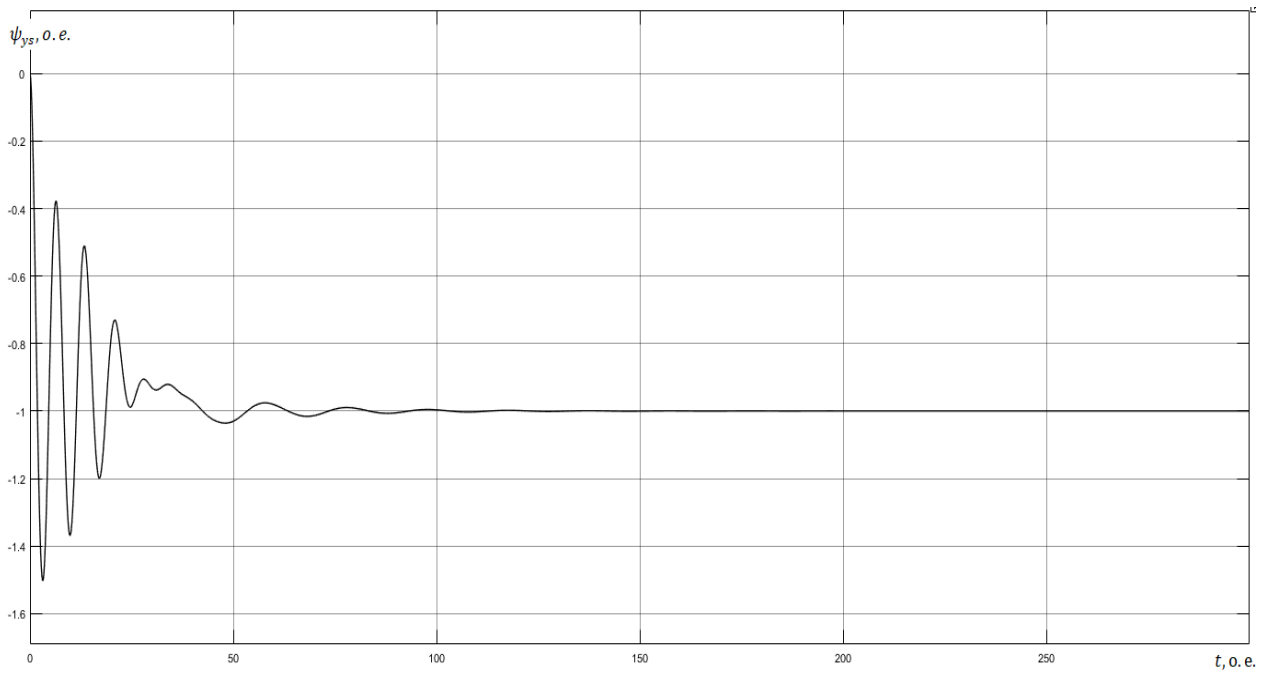
⑬ 81045.1.4.3 - ② 7.11(19) 1.19(8) 1.64(14) 2.02(16) 19753(10) 4.945(14) 5.353(14) 4.9(11)



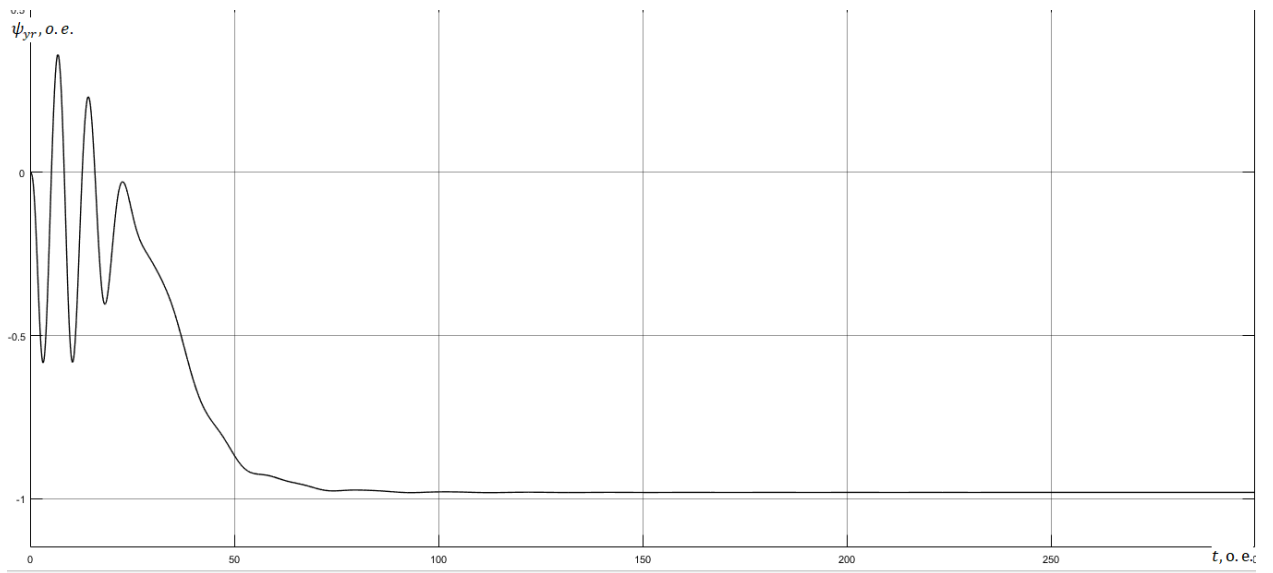
⑬ 81045.1.4.4 - ② 7.11(19) 1.6(7) 1.25(15) 4.5(4) 5.67513(88) 13.5(10) 10.7(11)



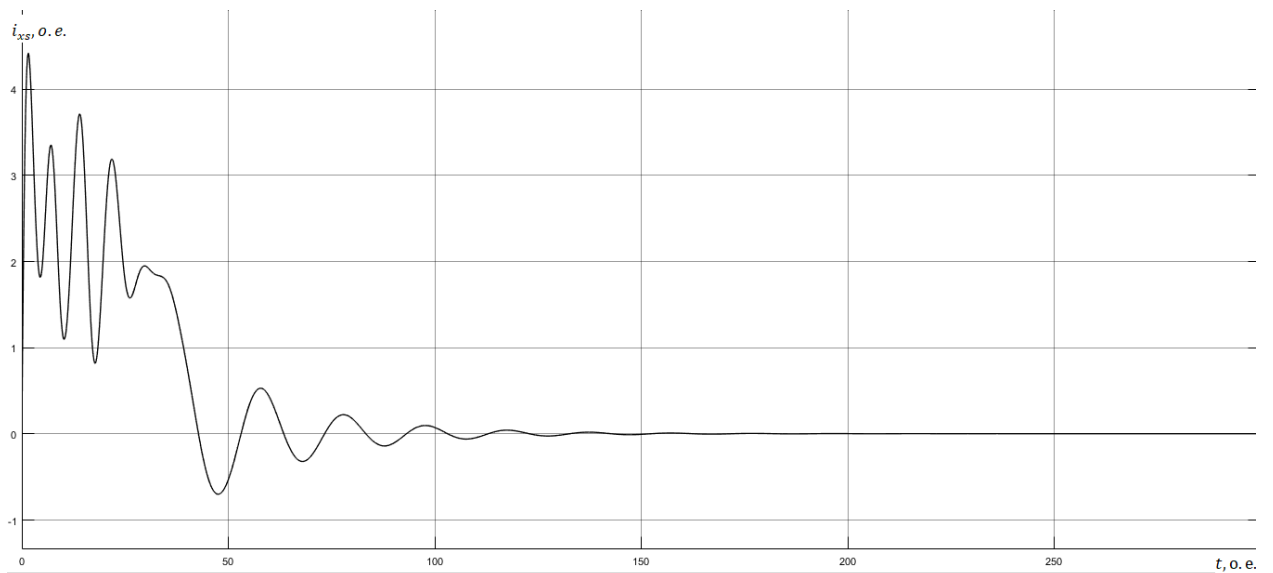
⑬ 8045.1.4.5 - ② 711(19).6(16)1425(15)45(14)5.67513(18)113.5(14)0.6 ψ_{xr}



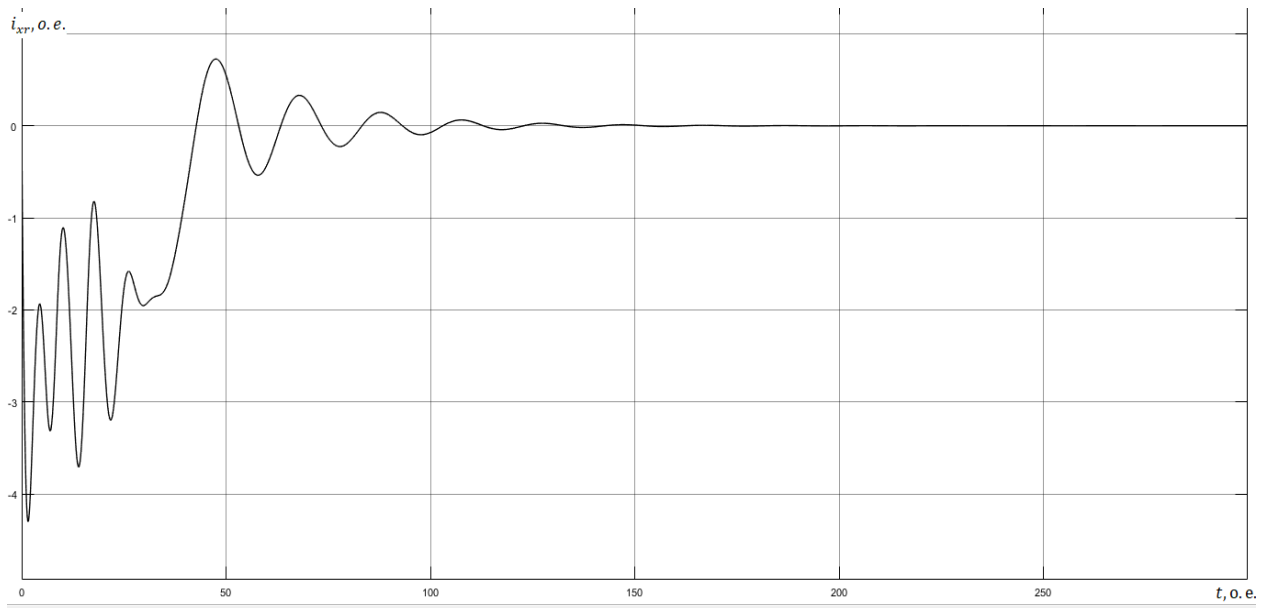
⑬ 8045.1.4.6 - ② 711(19).6(16)1425(15)45(14)5.67513(18)113.5(14)0.6 ψ_{ys}



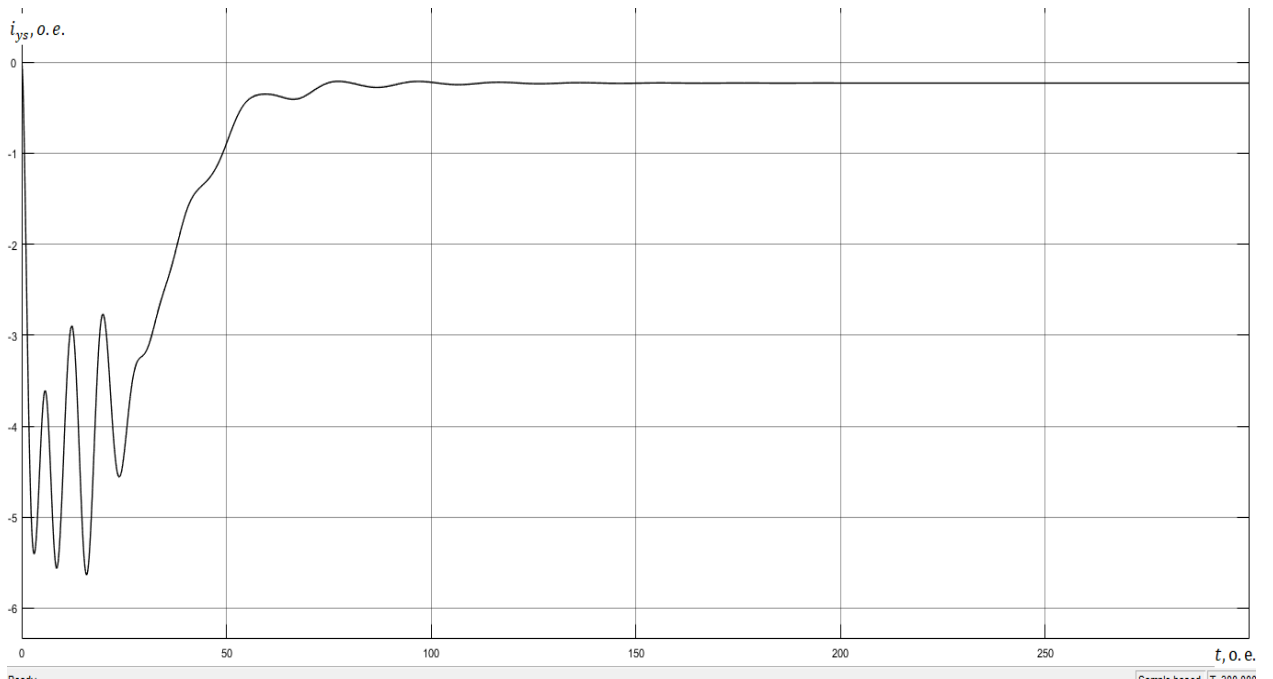
⑤ 81045.1.4.7 - ② 7.11(19).6(16)7.12(15).4.5(14).5.6.7513.88(11)3.5(10).b) $\dot{\psi}_{yr}$



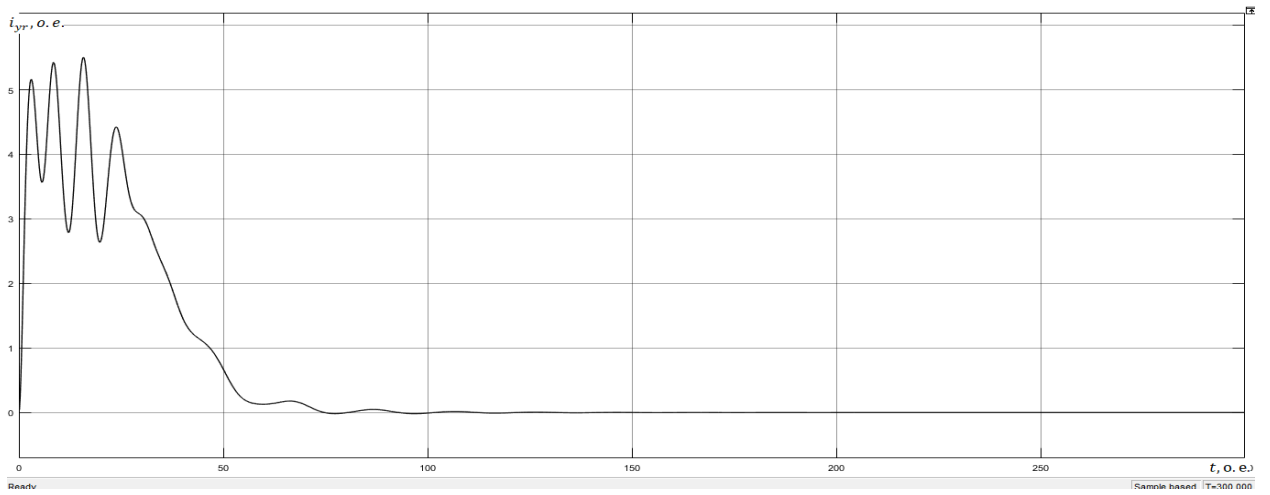
⑤ 81045.1.4.8 - ② 7.11(19).6(16)7.12(15).4.5(14).5.6.7513.88(11)3.5(10).b) \dot{i}_{xs}



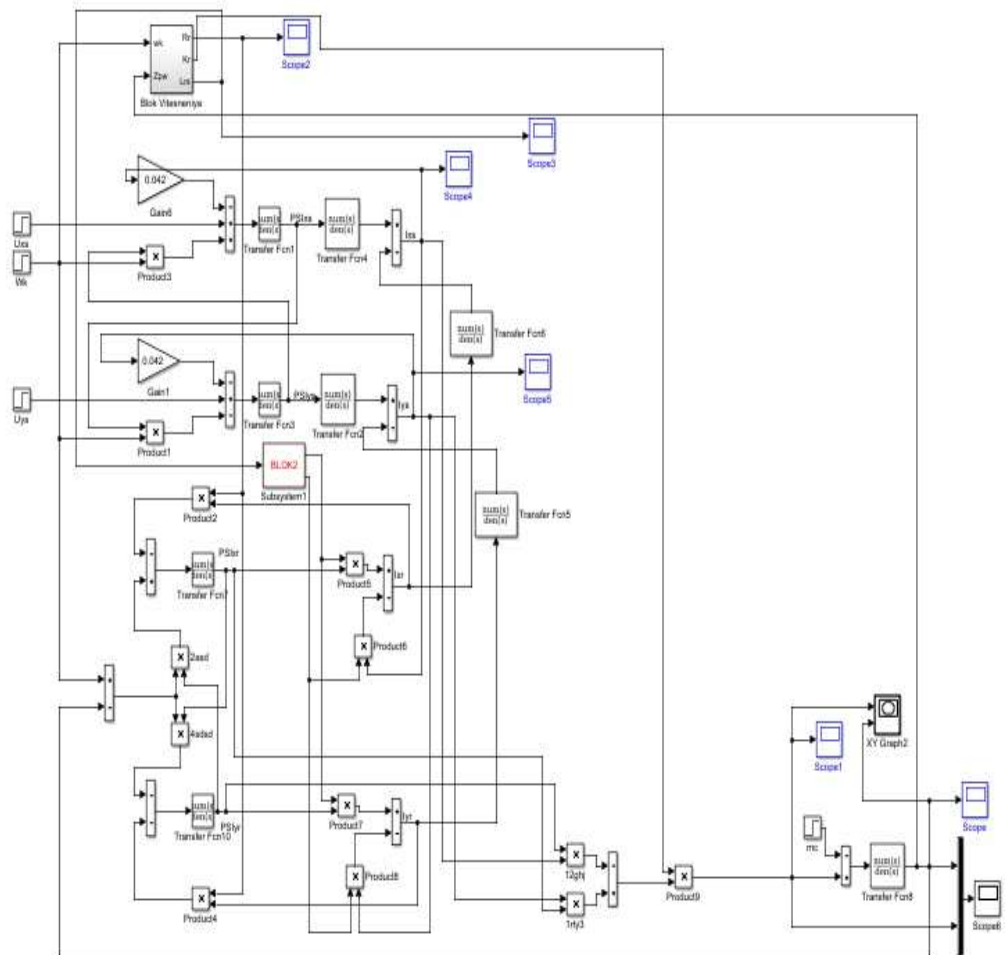
8045.1.4.9 - ② 7.11(19) 1.6(16) 1.4(14) 1.5(15) 5.67513(88) 3.5(14) 0.2(10) i_{xr}



8045.1.4.10 - ② 7.11(19) 1.6(16) 1.4(14) 1.5(15) 5.67513(88) 3.5(14) 0.2(10) i_{ys}



81045.1.4.11 - 2711(19)1.6(16)125(14)5(4)5.67513(88)1)3.5(102)b) i_yr

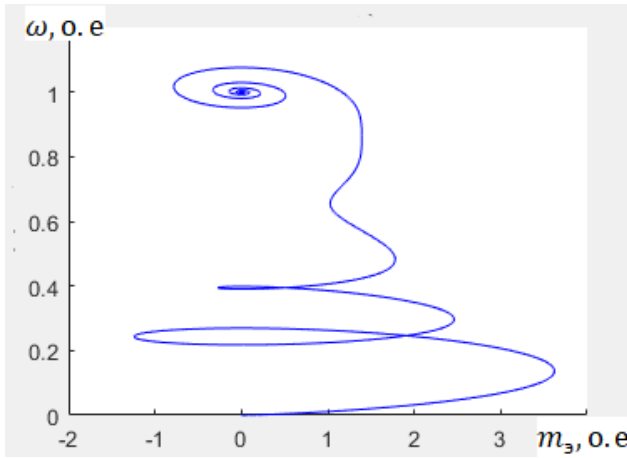


81045.1.4.12 - 971019074(11)82(6)13(11)11.75(13)2)3.5(16)2) c 104(16)953(1189)84(16)4)95.1(11)

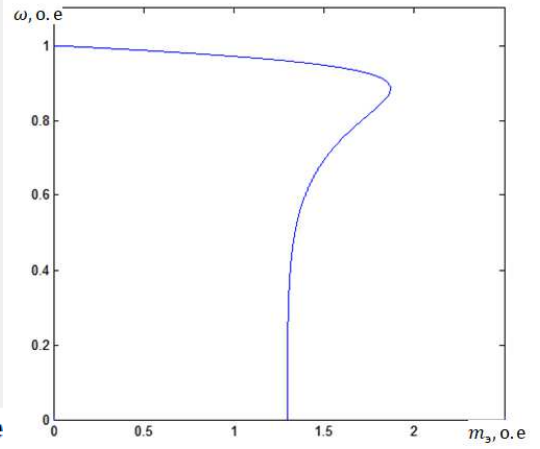
75957(11)13(16)1)795(13)182.1557(19)4)9(12)6524182.6(16)7(16)4.1812.

4.2.2 ⑮(16)(18)10. 2. 19. 9. (11) 9. 18. 3. 5. (15)(16) 2. (19) 7. 5. (13)(11) 4. (19)(b) (11) 8. (19) 4. 12. 7. 5. 4

4~250⑪4⑱3

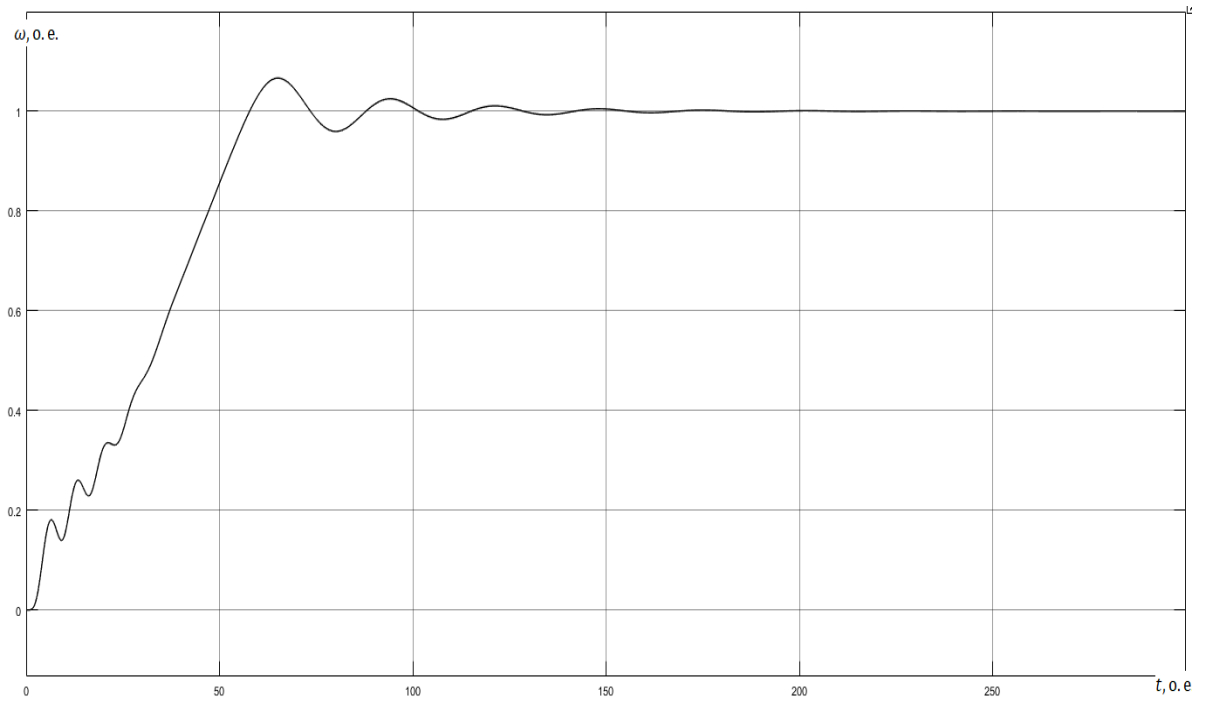


(i)

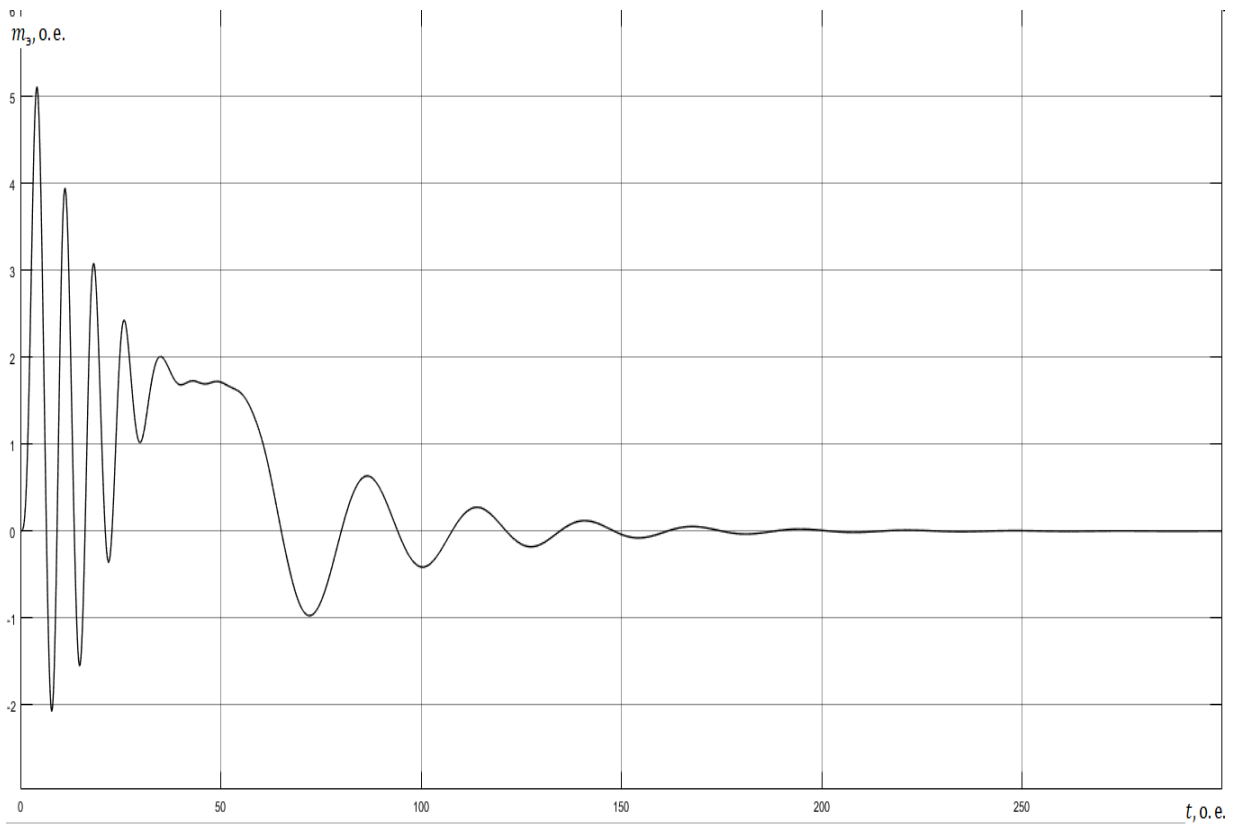


(j)

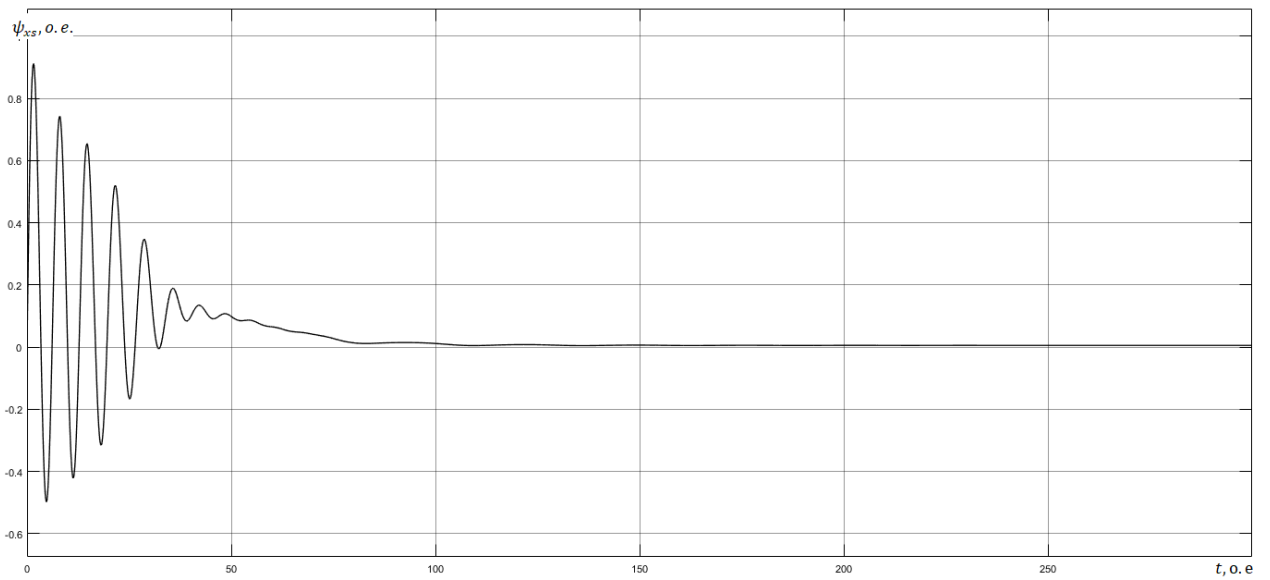
⑬1980451.4.13 - ③(19)(11)(19)(16)(19)(20)(11)(10)(13)(20)65797(9)(16)(10)(9)8157589(19)59.353(16)(11)(1)19
 89.9.14.81(19)(20)(10)(5)(18)(20)65797(9)(16)(10)(9)8157589(19)59.353(16)(11)



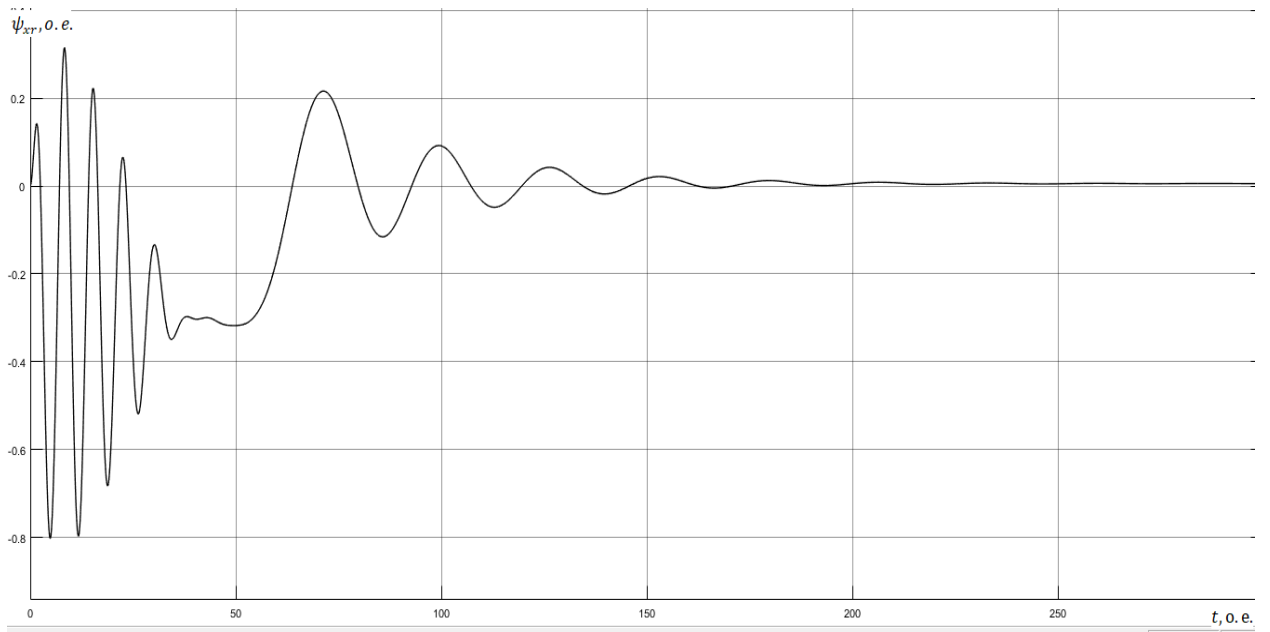
⑬1980451.4.14 - ②7(11)(19)(19)8157589(19)137.16(16)(19)(b)



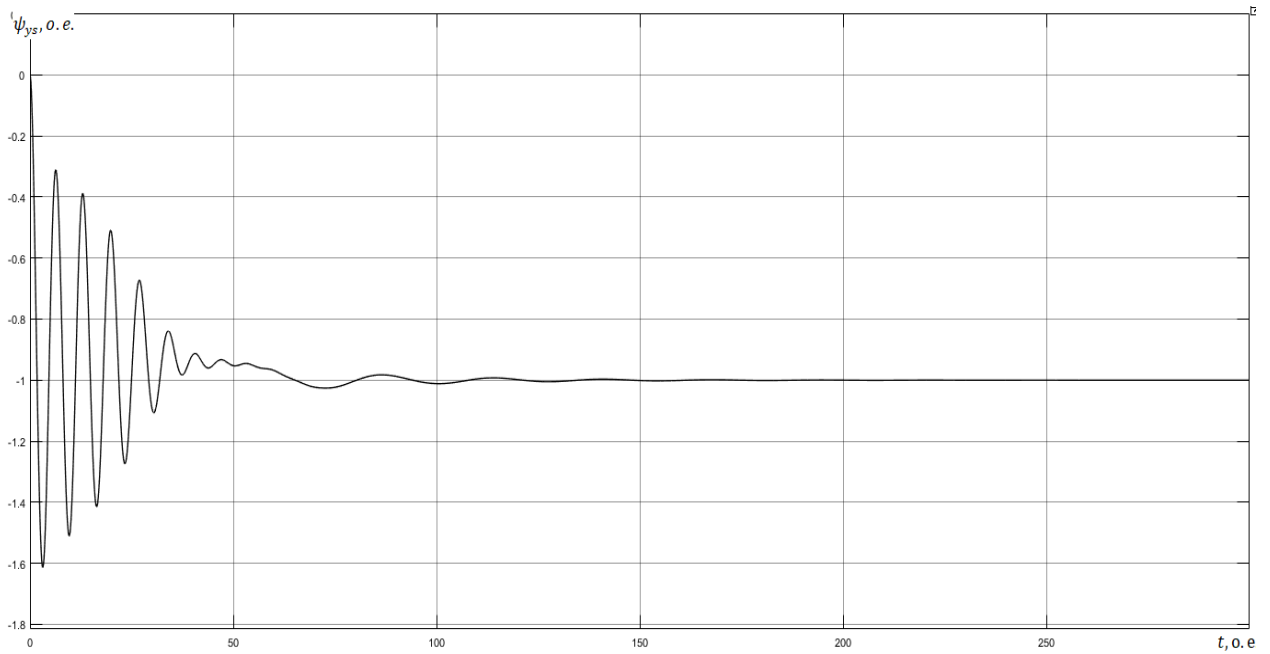
① 810451.4.15 - ② 711(19) 1.19 8(16) 4(16) 20(16) 19753(10) 4(19) 945(14) 5.353(14) 49(11)



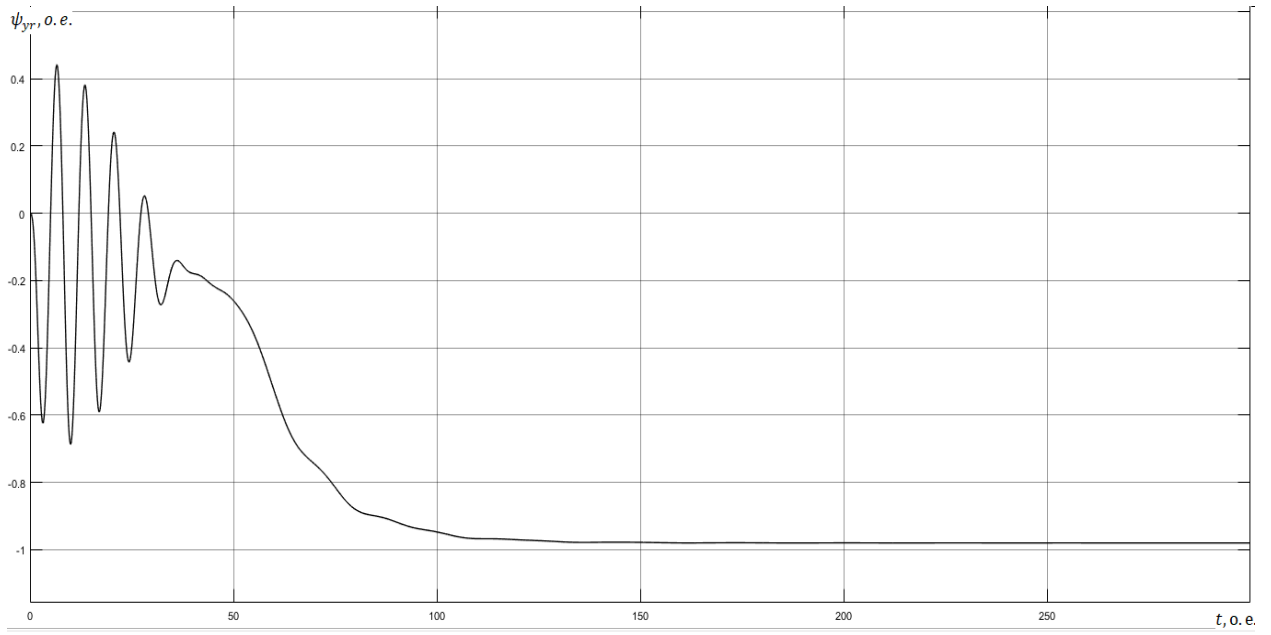
① 810451.4.16 - ② 711(19) 1.6 7(16) 125(15) 45(14) 5.67513(88) 135(10) 102(10) psi_xz



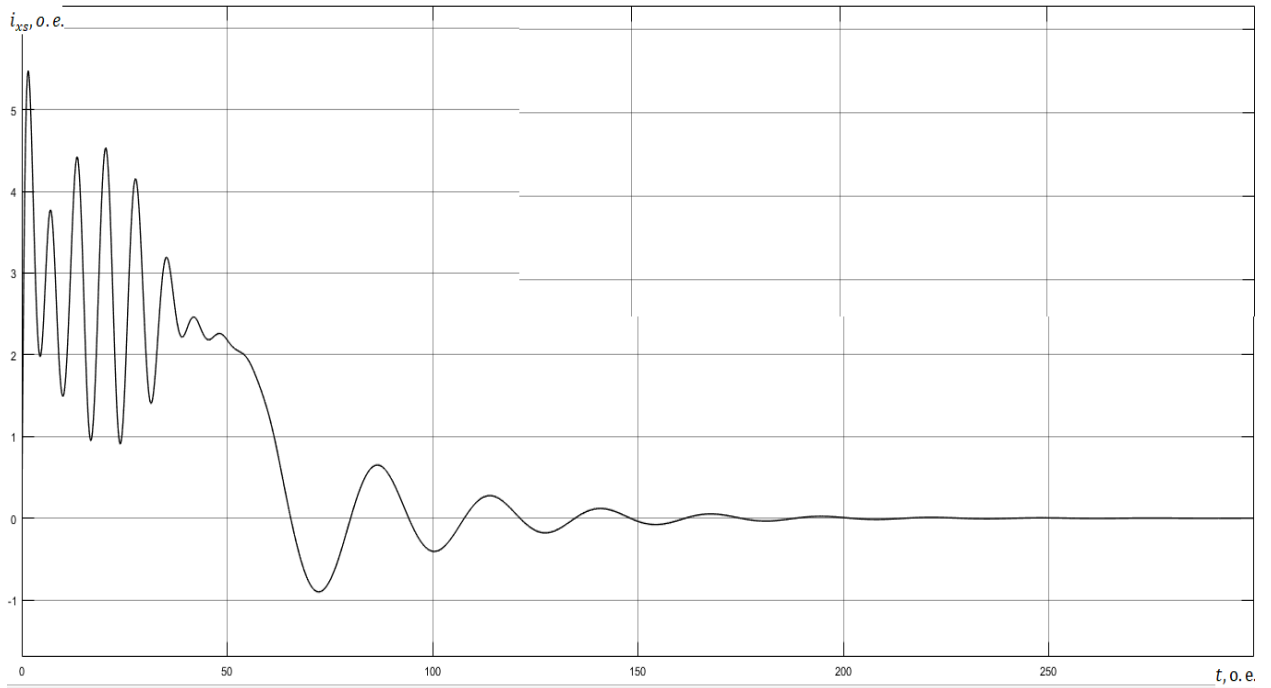
① 81045.1.4.17 - ② 711(19)1.6(16)71425(15)45(14)5.67513(88)11)3.5(11)102b) ψ_{xr}



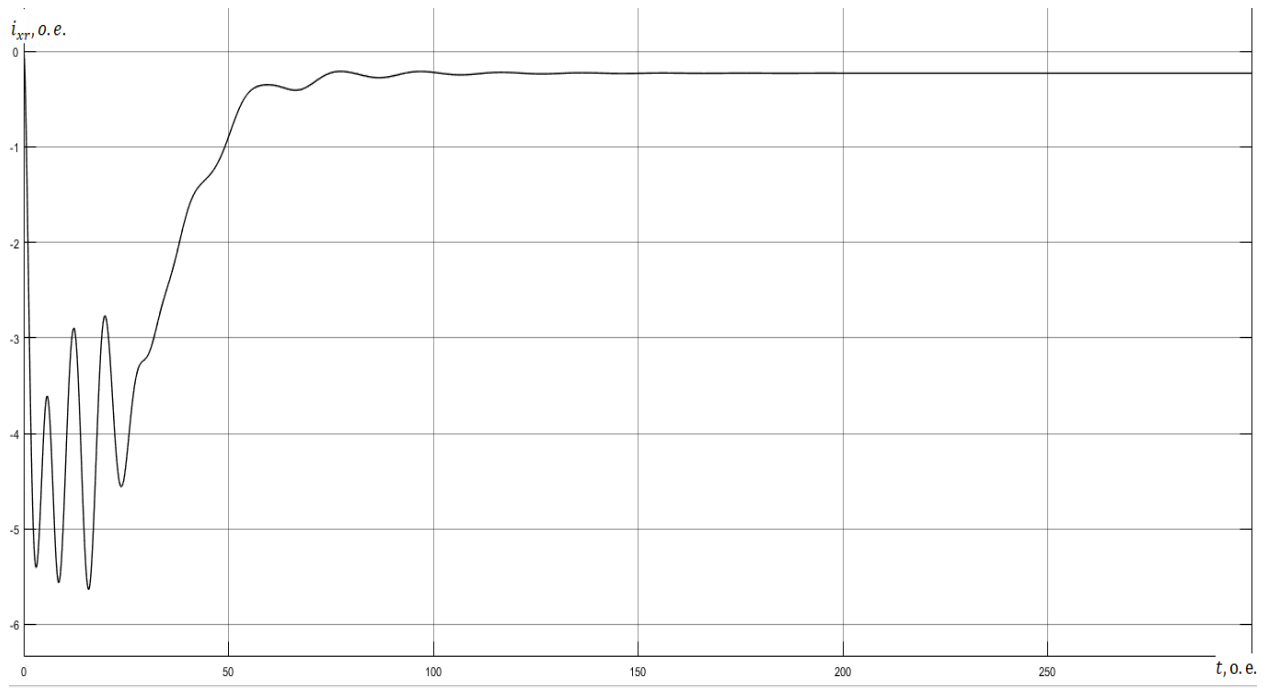
① 81045.1.4.18 - ② 711(19)1.6(16)71425(15)45(14)5.67513(88)11)3.5(11)102b) ψ_{ys}



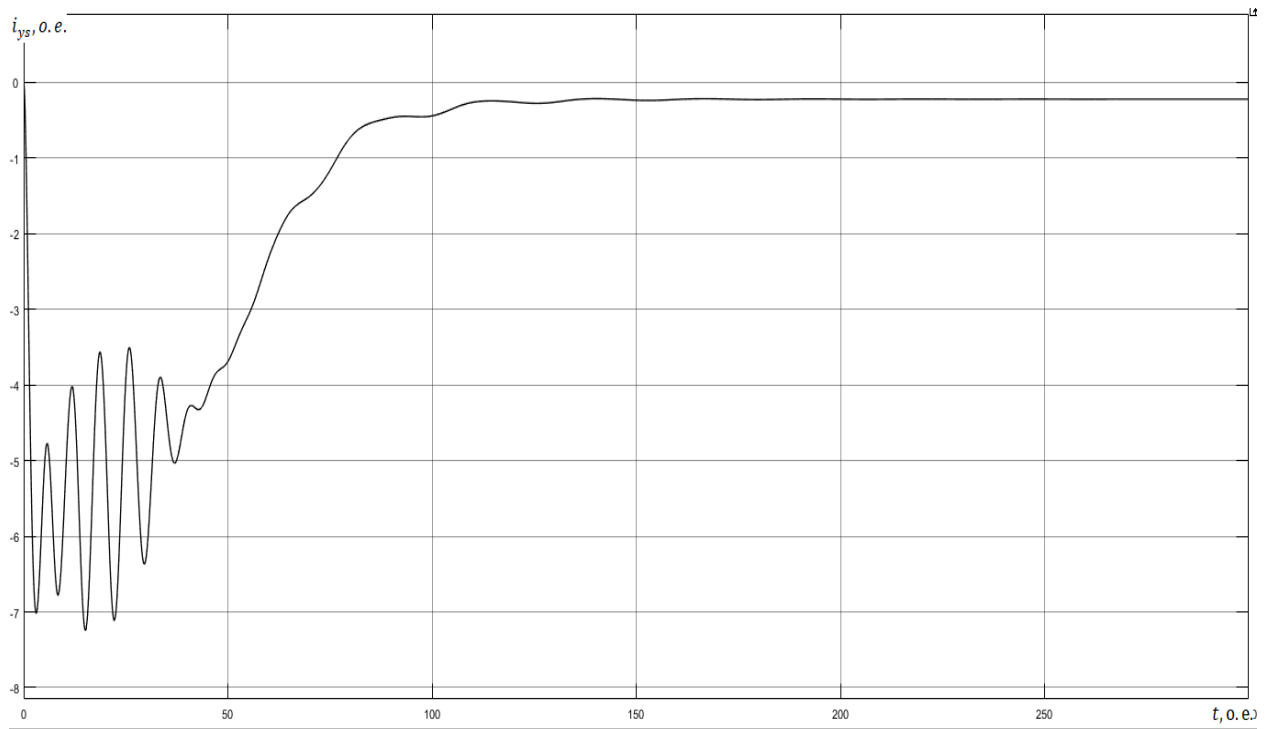
8045.1.4.19 - 2711(19).6(16)1425(15)45(14)5.67513(88)11)3.5(102)b ψ_{yr}



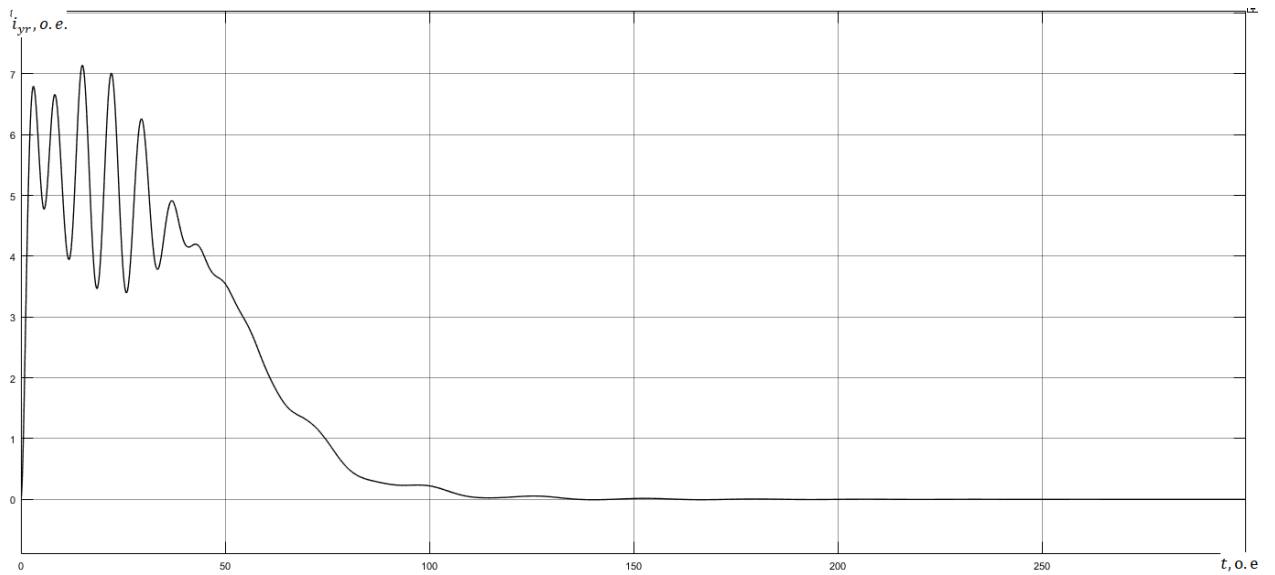
8045.1.4.20 - 2711(19).6(16)1425(15)45(14)5.67513(88)11)3.5(102)b i_{xs}



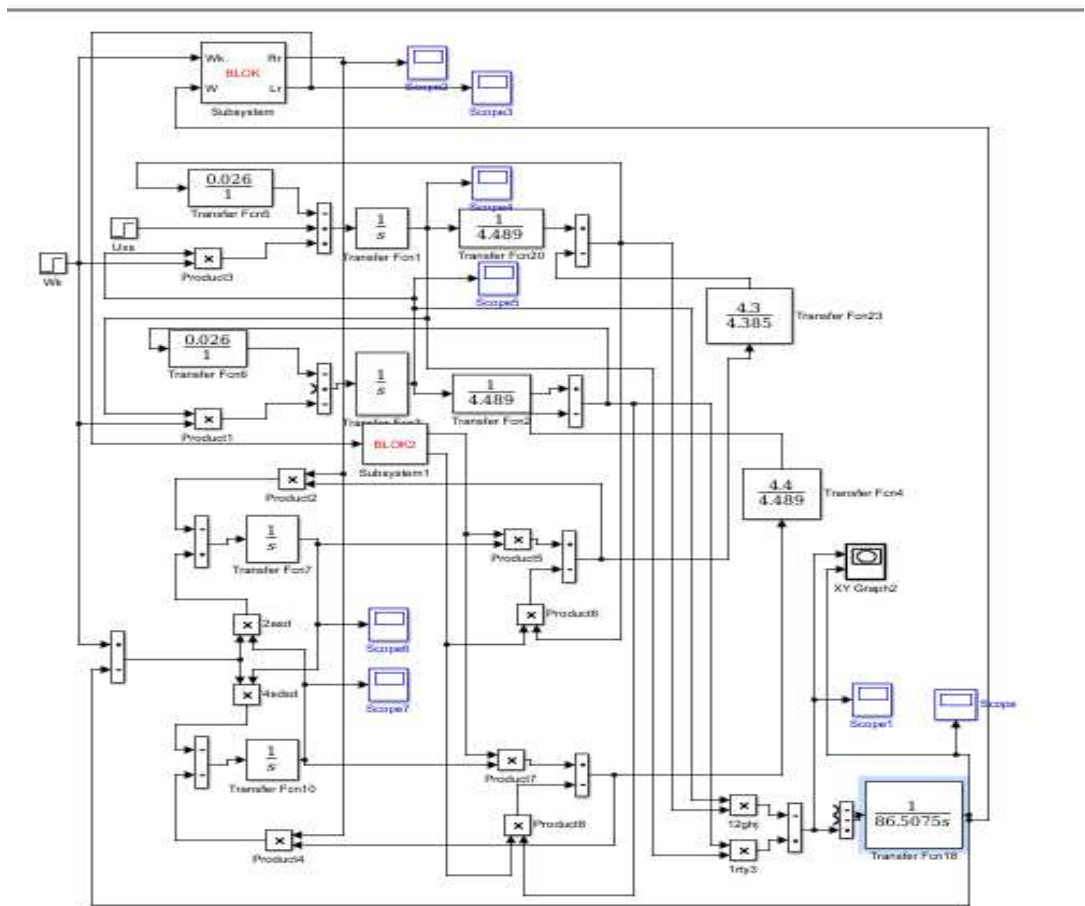
① 8045.1.4.21 - ② 7.11(19) 1.6(16) 7.12(15) 4.5(4) 5.6.7.5.13.8.11.3.5(10) i_{xr}



① 8045.1.4.22 - ② 7.11(19) 1.6(16) 7.12(15) 4.5(4) 5.6.7.5.13.8.11.3.5(10) i_{ys}



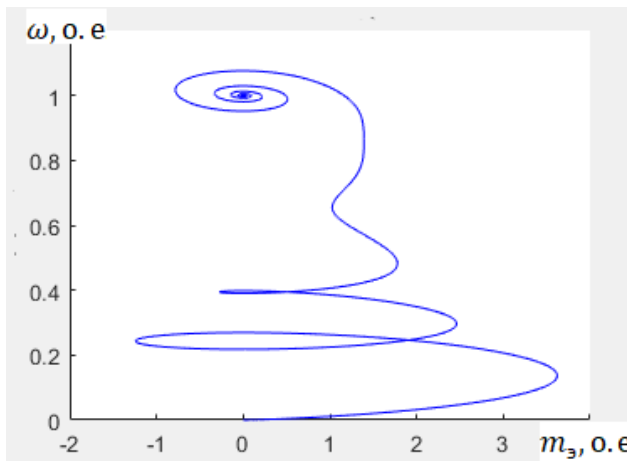
⑬ 81045.1.4.23 - ② 7.11(19) 1.6(16) 1.25(15) 4.5(4) 5.6753(16) 88.1(13) 35(10) 102(b) i_{yr}



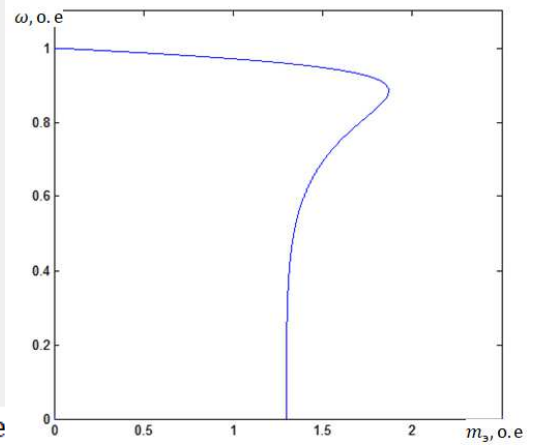
⑬ 81045.1.4.24 - ⑥ 971019(10) 74(11) 812.3(11) 13.1175(15) 5(20) 35(19) 2(19) ① (13) 15(16) 11795(11) 1812.1557(13) 94(19) 112c
104(9) 53.1(13) 89.184(16) 95.1(11) 75957(11) 1365241812.6(16) 7163(16) 441812.

4.3 ⑮ (16)(18)10. 2. 19. 9. (11) 9. 18. 3. 5. (15)(16) 2. (19) 7. 5. (13)(11) 4. (19)(b) (11) 8. (19) 4. 12. 7. 5. 4. 4.
 6. (16) 7. (16) 3. (16) 4. 7. 18. 12.

4.3.1 ⑮ (16)(18)10. 2. 19. 9. (11) 9. 18. 3. 5. (15)(16) 2. (19) 7. 5. (13)(11) 4. (19)(b) (11) 8. (19) 4. 12. 7. 5. 4.

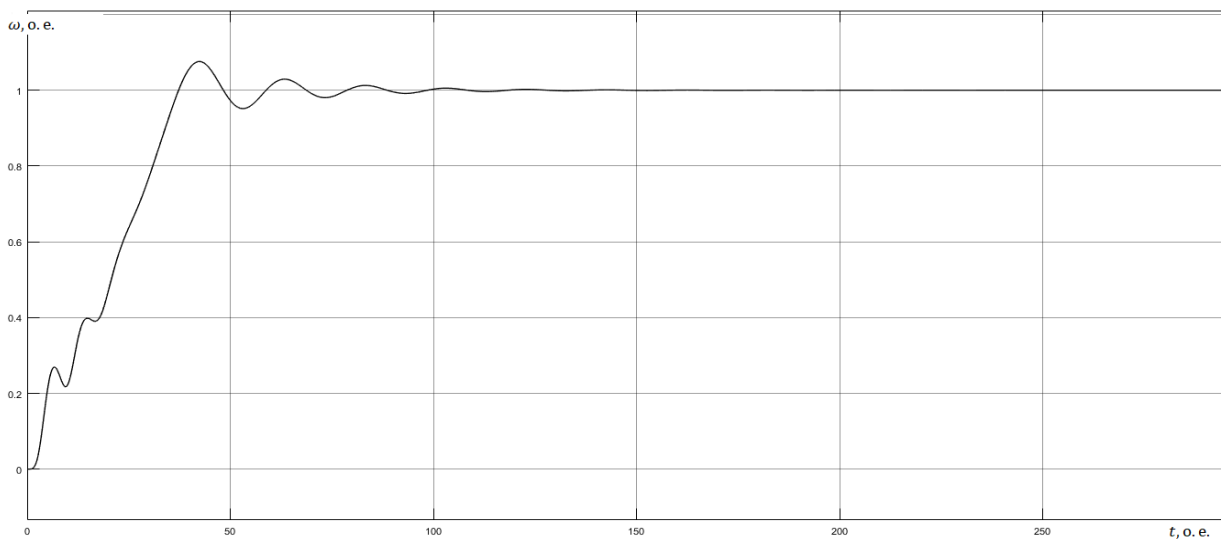


(i)

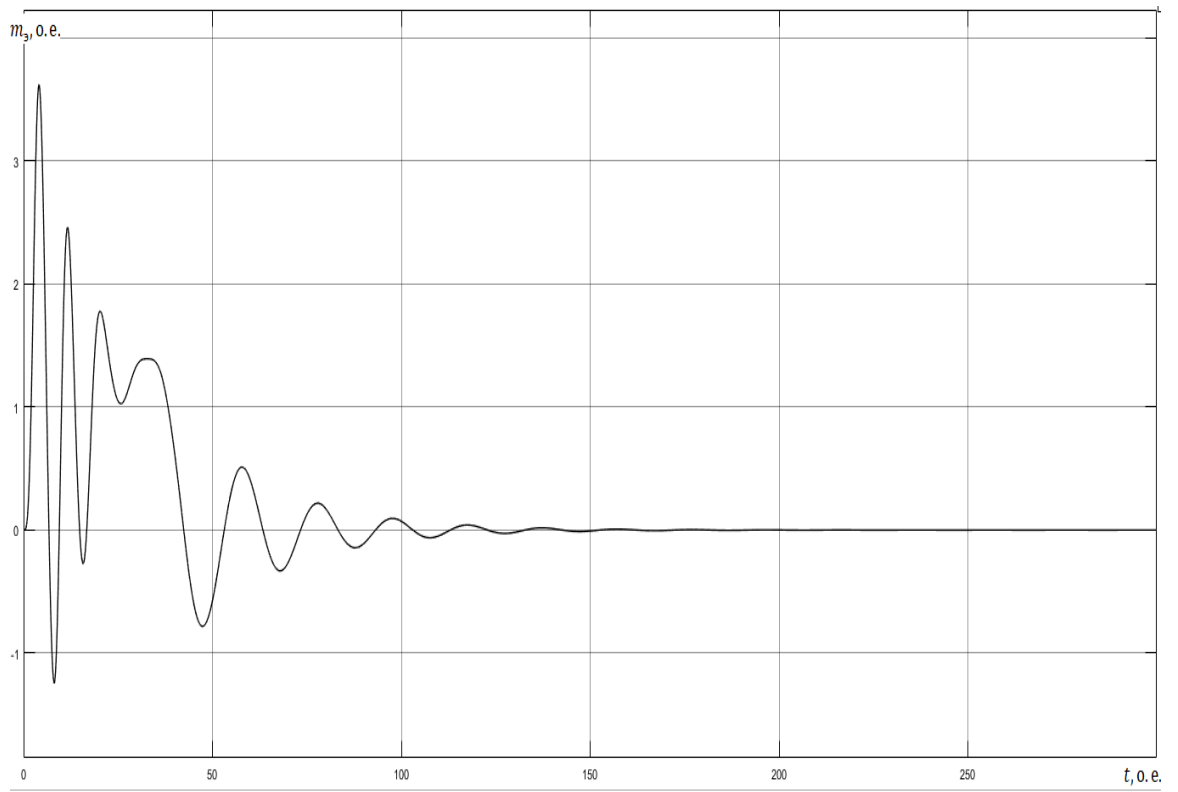


(ii)

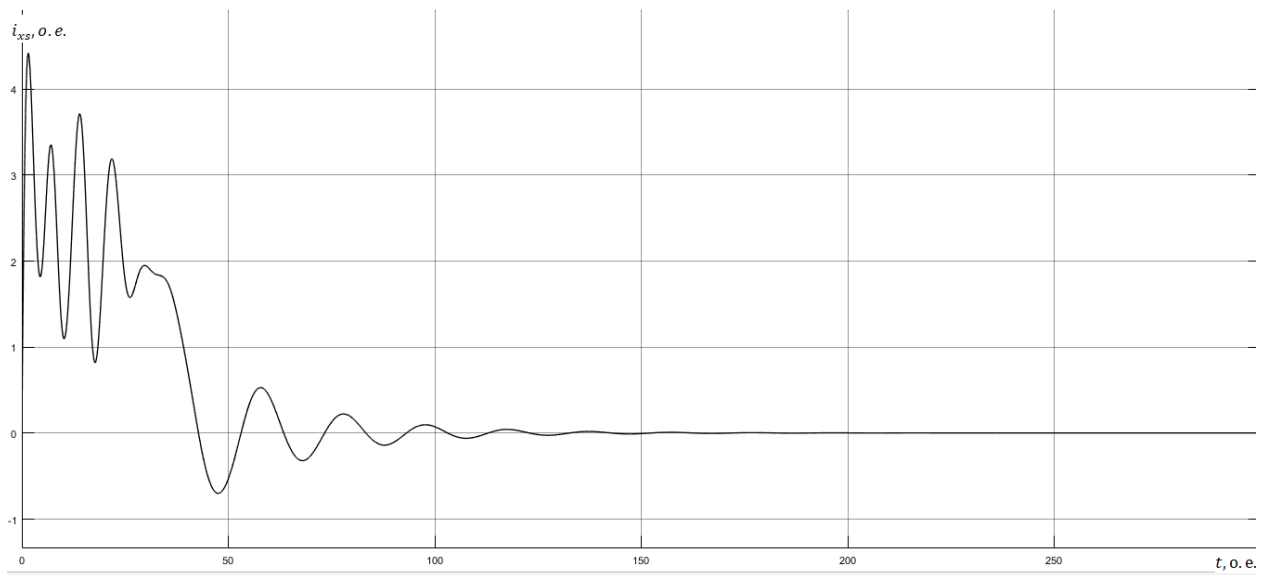
⑮ 8045.1.4.25 - ③ (19)(11)(19)(16)11(19)(20)11(10)(5)(18)(20)65797(9)(18)(0)(9)8(3)589(19)8157589(19)59.353(16)49(11)(1)(19)
 89(19)9(14)81(19)(20)11(10)(5)(18)(20)65797(9)(18)(0)(9)8(3)589(19)8157589(19)59.353(16)49(11)



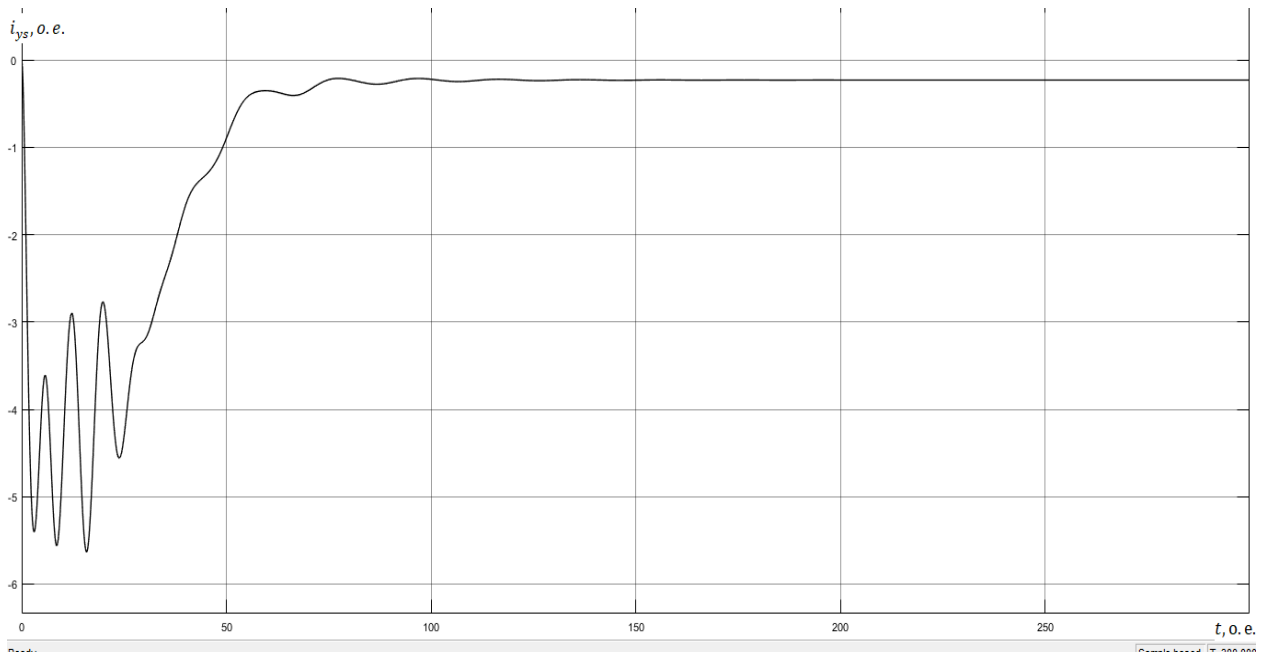
⑮ 8045.1.4.26 - ② (11)(19)(19)8(16)(16)(19)8(157589(19)13)7(16)(16)(19)(b)



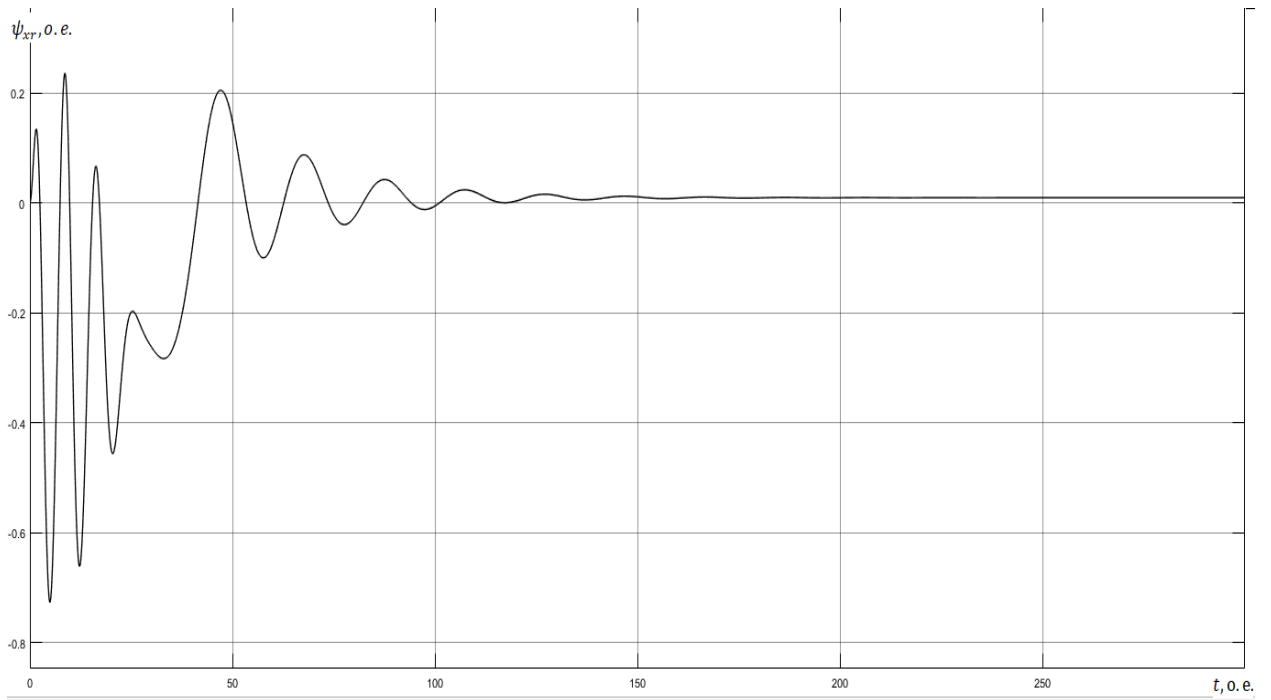
⑩ 8045.1.4.27 - ② 711(19) 1.198(12) 1.198(12) 201619753(10) 419945(14) 5.353(16) 49(11)



⑩ 8045.1.4.28 - ② 711(19) 1.617(14) 1.545(14) 5.67513(8) 1135(10) 102(11) i_{XS}



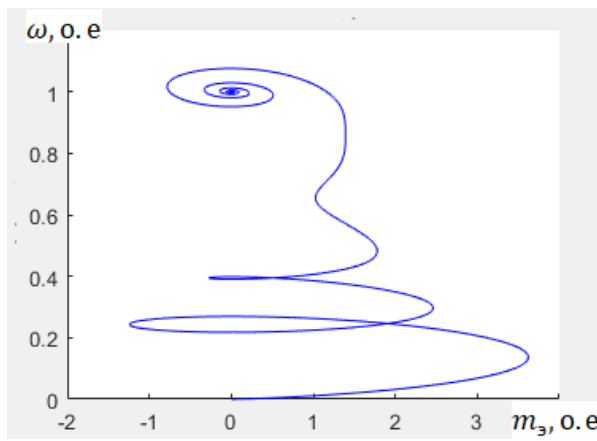
81045.1.4.29 - ② 7.11(19) 1.6(16) 7.14(15) 4.5(14) 5.6(13) 5.13(12) 3.5(11) 10(10) i_{ys}



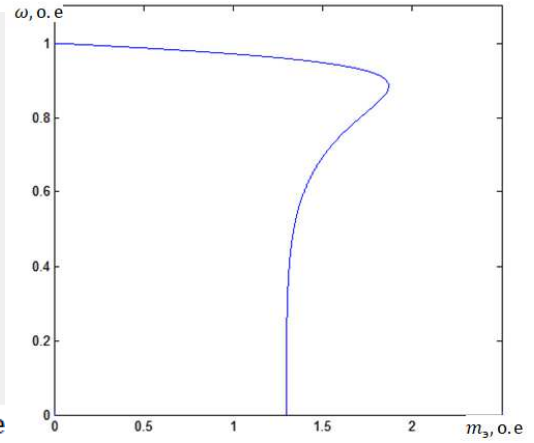
81045.1.4.30 - ② 7.11(19) 1.6(16) 7.14(15) 4.5(14) 5.6(13) 5.13(12) 3.5(11) 10(10) i_{xr}

4.3.2 ⑮ (16)(18) 10. 2. 19. 9. (11) 9. 18. 3. 5. (15)(16) 2. (19) 7. 5. (13)(11) 4. (19)(b) (11) 8. (19) 4. 12. 7. 5. 4

4~250⑪4⑱3



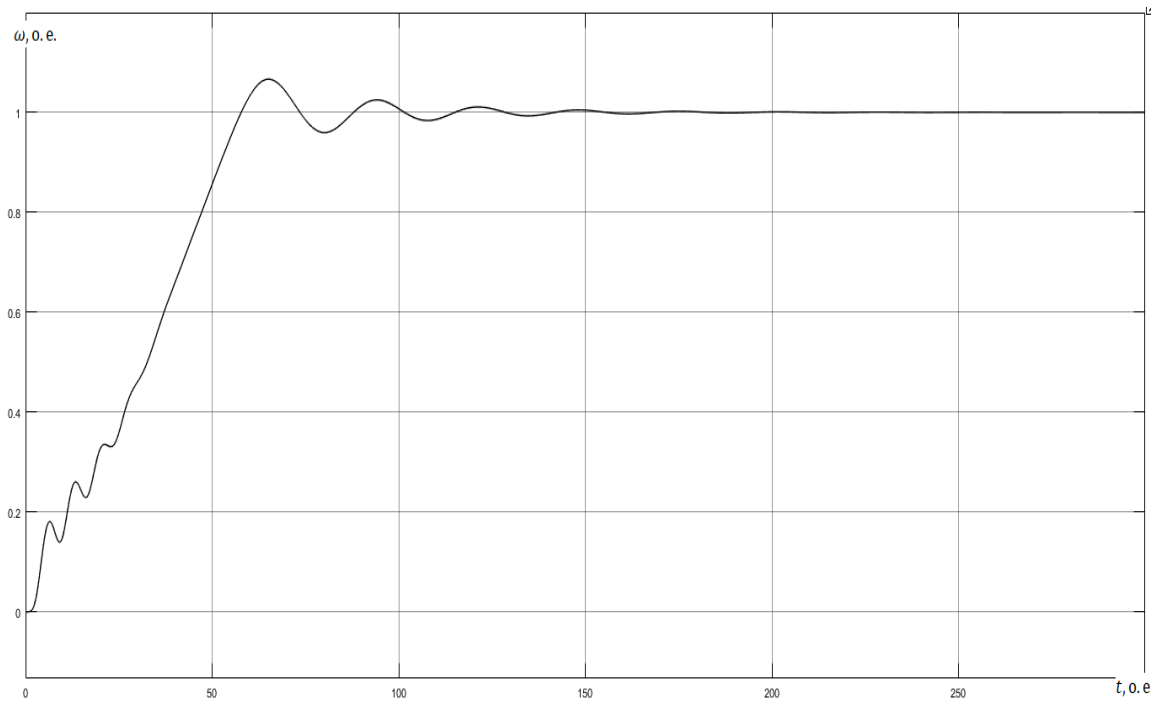
(i)



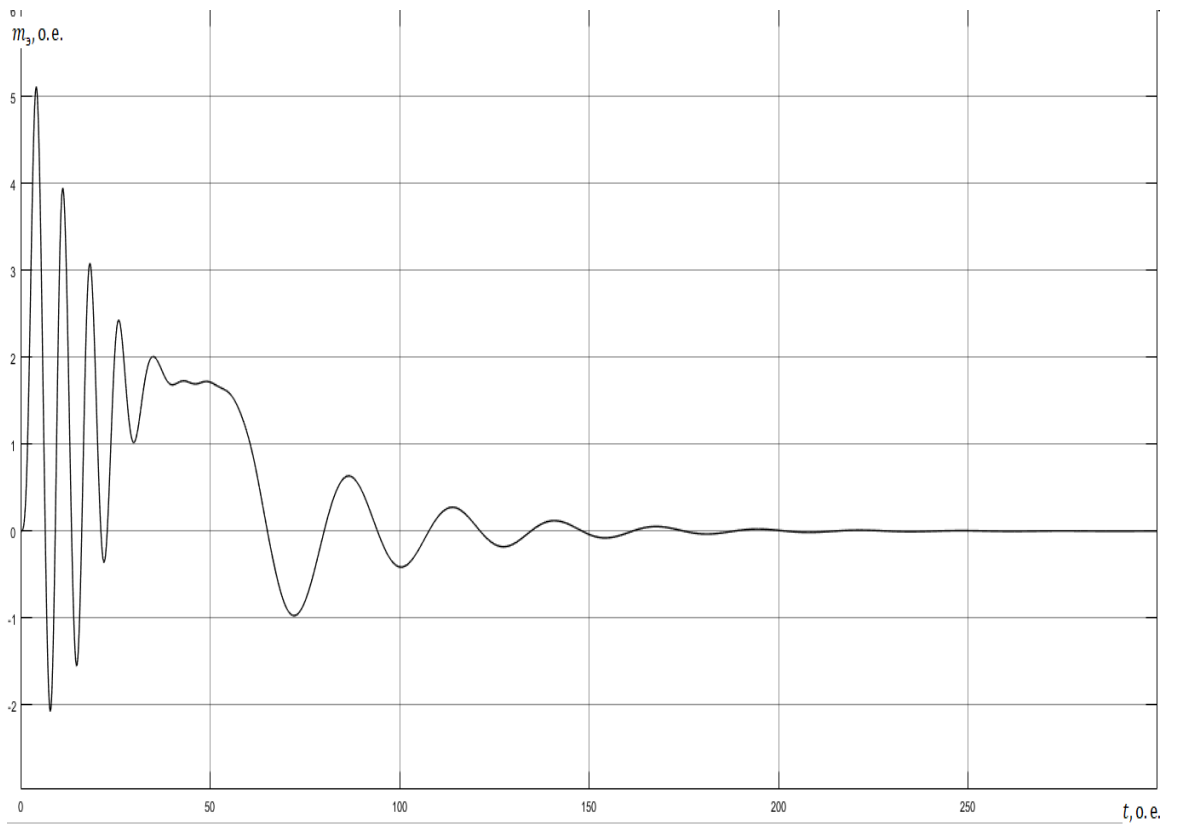
(ii)

⑮ 80451.4.33 - ③ (19)(11) 3. 14. 81 (19)(20) 11 (10) 5. 18 (20) 65797 (9) (18)(16) 8. 3. 589 (19) 8157589 (19) 59.353 (16) 49 (11) (19)

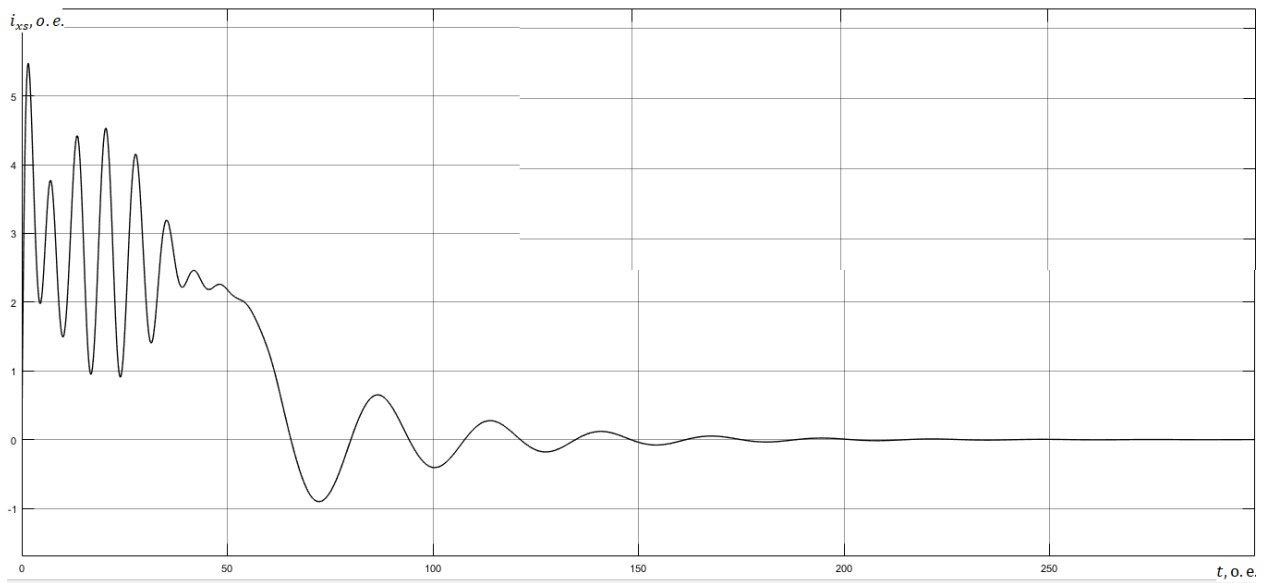
89 (19) 14. 81 (19)(20) 11 (10) 5. 18 (20) 65797 (9) (18)(16) 8. 3. 589 (19) 8157589 (19) 59.353 (16) 49 (11)



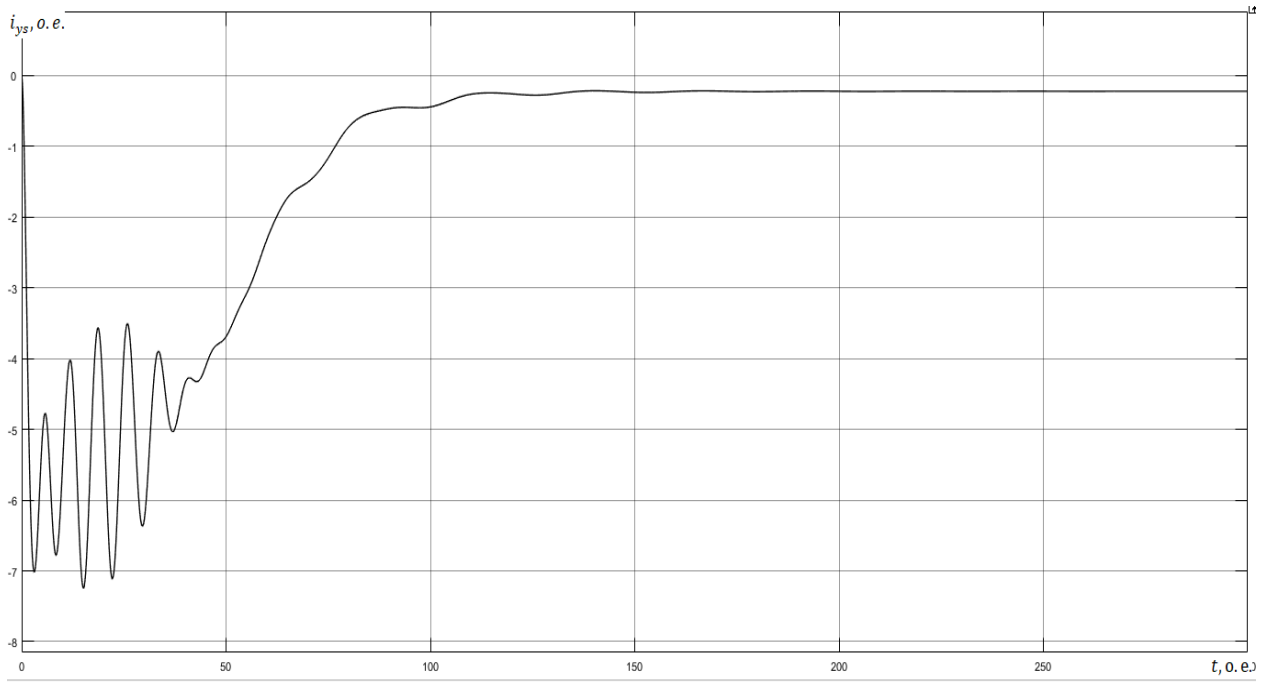
⑮ 80451.4.34 - ② 7 (11) (19) 1. (19) 8 (16) (16) (19) 8. 157589 (19) 137. 16 (16) (19) 6



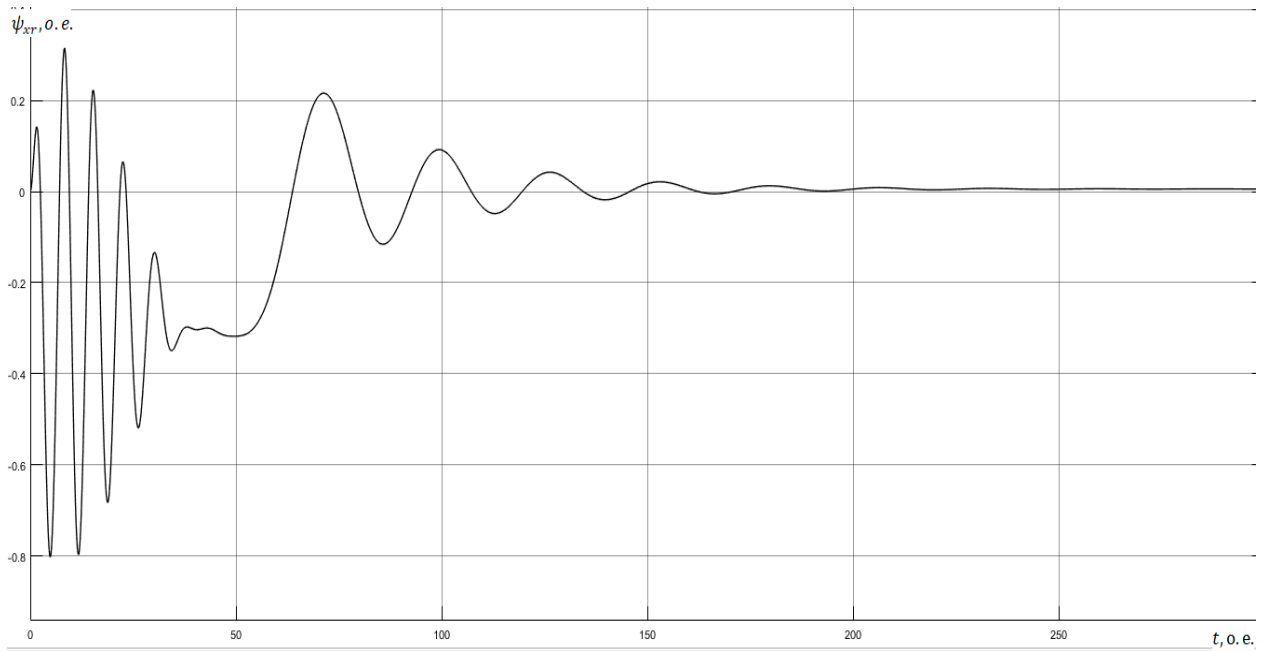
① 8045.1.4.35 - ② 711(19) 1.19 8(12) 4(19) 20(16) 19753(10) 4(19) 945(14) 5.353(14) 49(11)



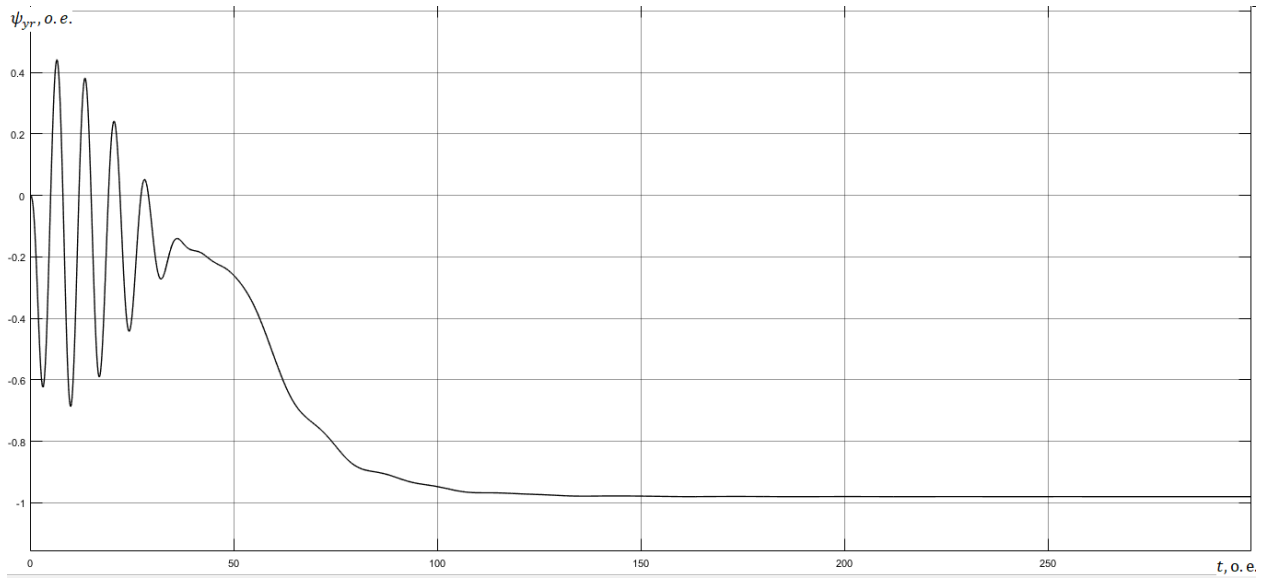
① 8045.1.4.36 - ② 711(19) 1.6(16) 12(15) 4(15) 5.67513(8) 11(10) 3.5(10) 10(11) i_XS



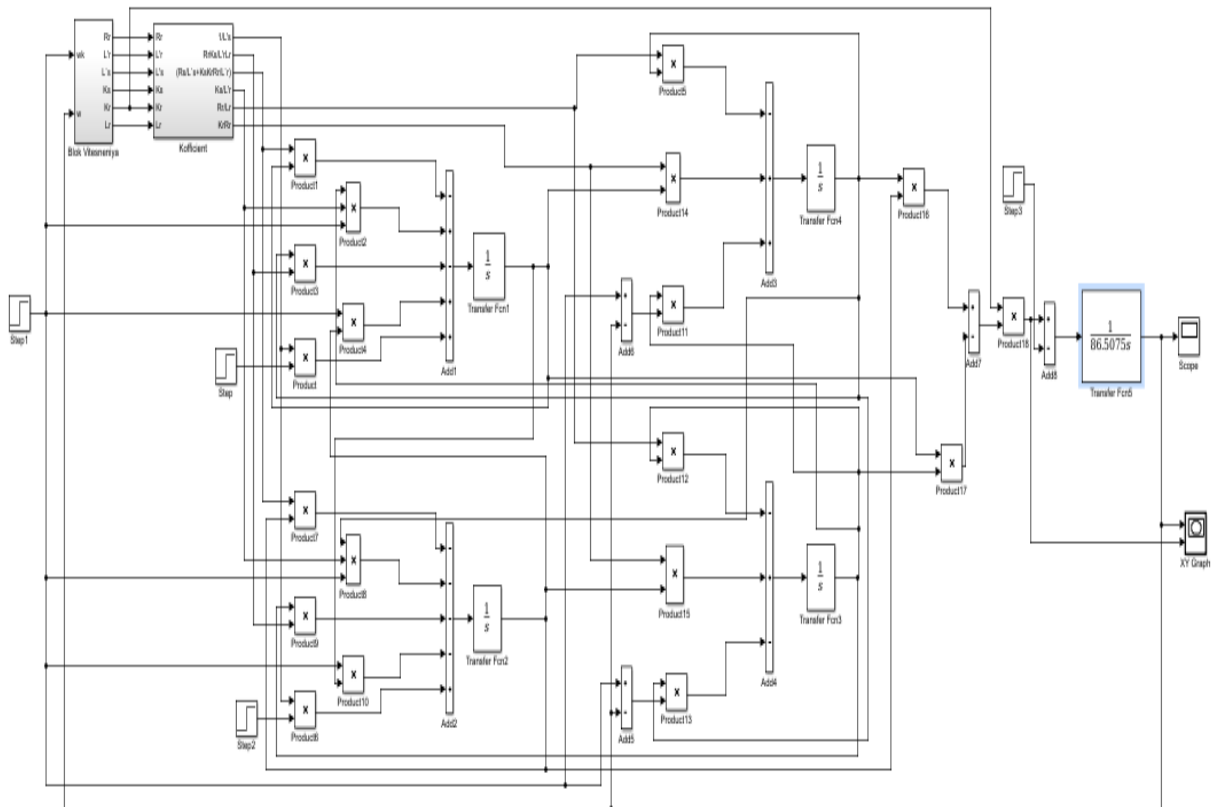
① 81045.1.4.37 - ② 7.11(19).1.6(16)7.14(15).4.5(14).5.6.75(13).88(11)3.5(10)(b) i_{ys}



① 81045.1.4.38 - ② 7.11(19).1.6(16)7.14(15).4.5(14).5.6.75(13).88(11)3.5(10)(b) i_{xr}



19 81045.1.4.39 - 27 11(19) 1.6(16) 145(15) 4.5(14) 5.67513(18) 113.5(15) 102b ψ_{yr}

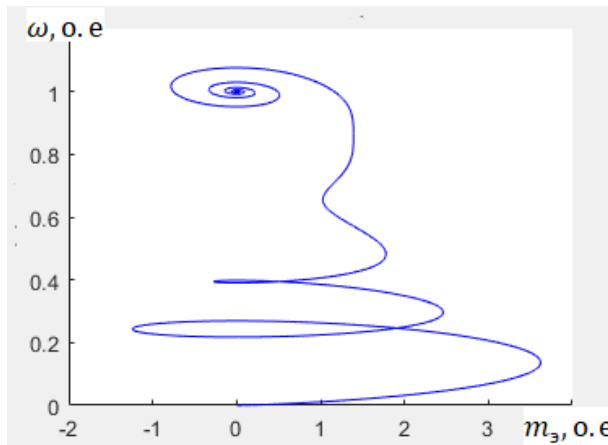


19 81045.1.4.40 - 16 97019074(11) 812(11) 13191.75(15) 203.5(16) 21(19) 11(13) 13(16) 1795(18) 1812.1557(15) 4(19) 12c

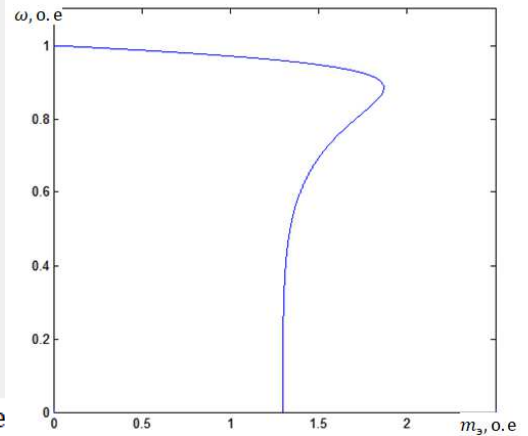
104953.1(18) 95.1(11) 75957(11) 6(16) 13(16) 44182i_s - \bar{\psi}_r

4.4 ⑮(16)(18)10. 2. 19. 9. (11) 9. 18. 3. 5. (15)(16) 2. (19) 7. 5. (13)(11) 4. (19)(b) (11) 8. (19) 4. 12. 7. 5. 4. 4
 6. (16) 7. (16) 3. (16) $\bar{4}_3$, $\bar{4}_4$, $\bar{12}$.

4.4.1 ⑮(16)(18)10. 2. 19. 9. (11) 9. 18. 3. 5. (15)(16) 2. (19) 7. 5. (13)(11) 4. (19)(b) (11) 8. (19) 4. 12. 7. 5. 4
 4 \curvearrowright 160 ⑪4 ⑱3



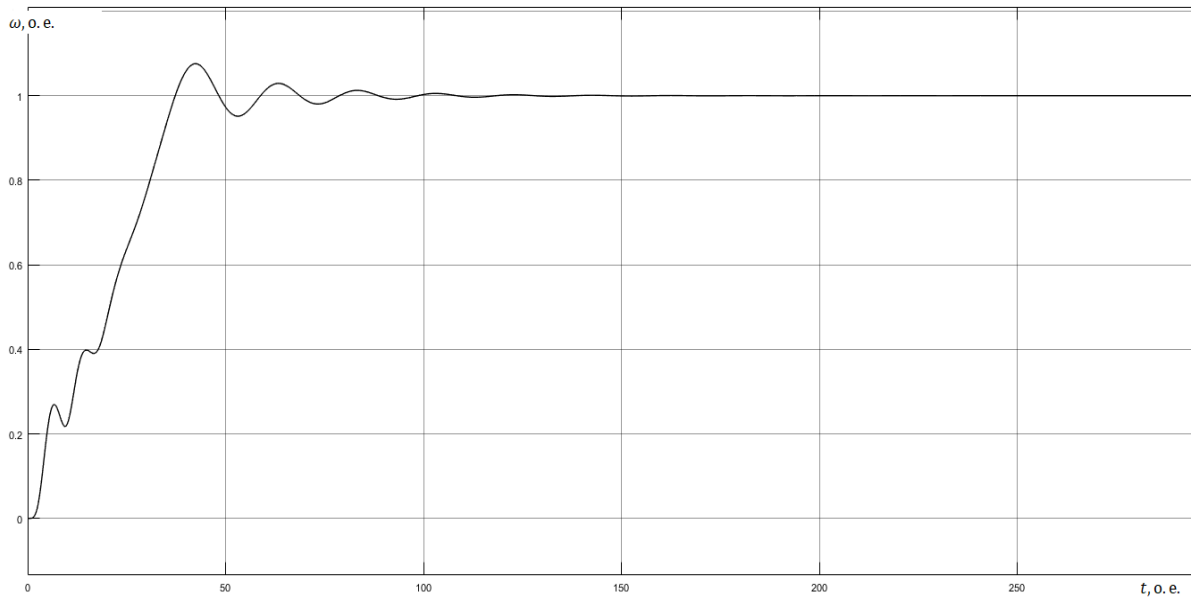
(i)



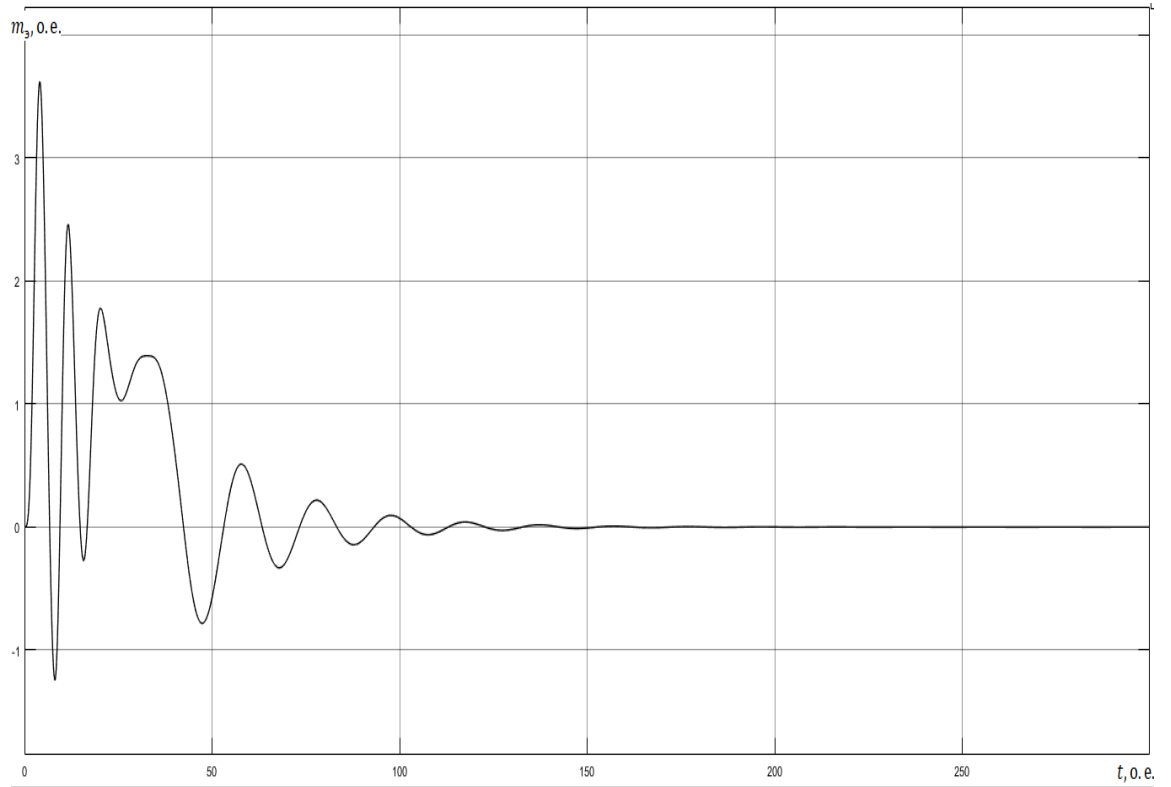
(ii)

⑮(19) 81045.1.4.41 - ③(19) 4. 3. 14. 8. 1(19) 11(10) 5. 18(20) 65797(9) (16)(18) 8. 3. 589(19) 8157589(19) 59.353(16) 49(11) (1)(19)

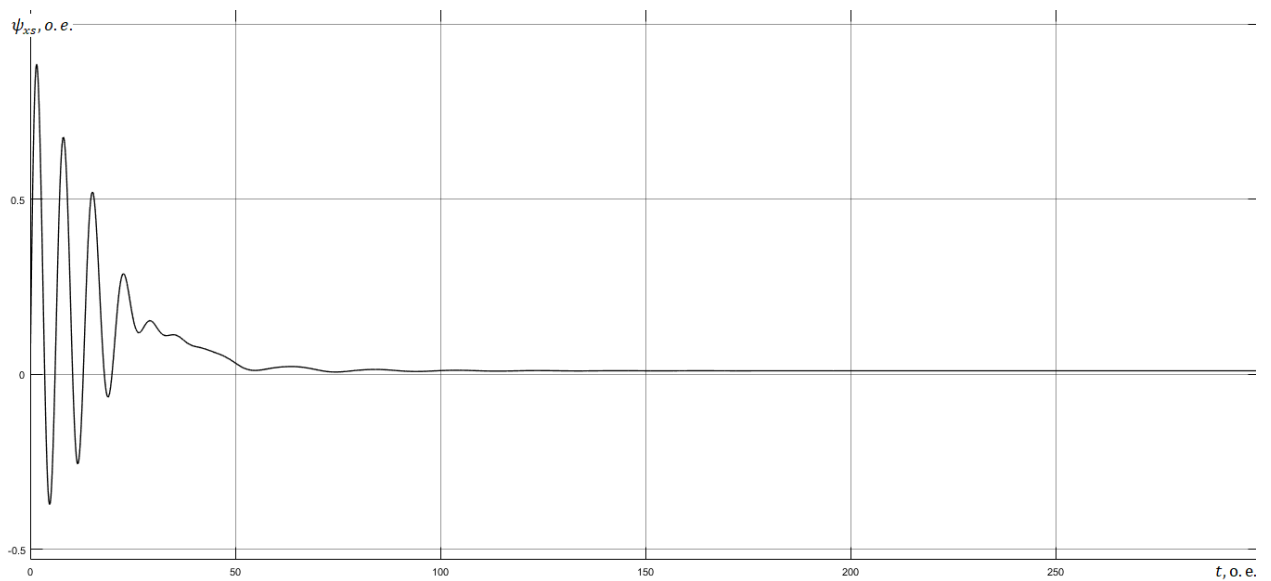
89. 9. 14. 8. 1(19) 11(10) 5. 18(20) 65797(9) (16)(18) 8. 3. 589(19) 8157589(19) 59.353(16) 49(11)



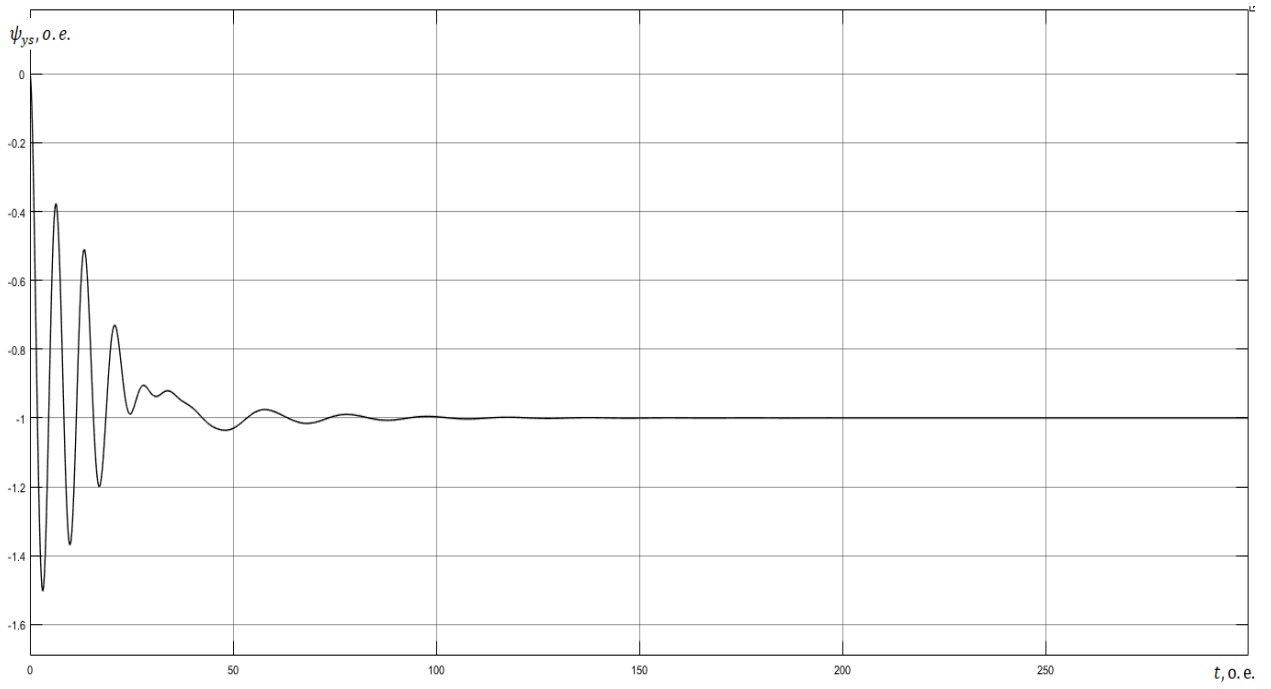
⑮(19) 81045.1.4.42 - ②7(11)(19) 1(19) 3(16) 4(16) 4(19) 8157589(19) 137. 16(16) 4(19) b)



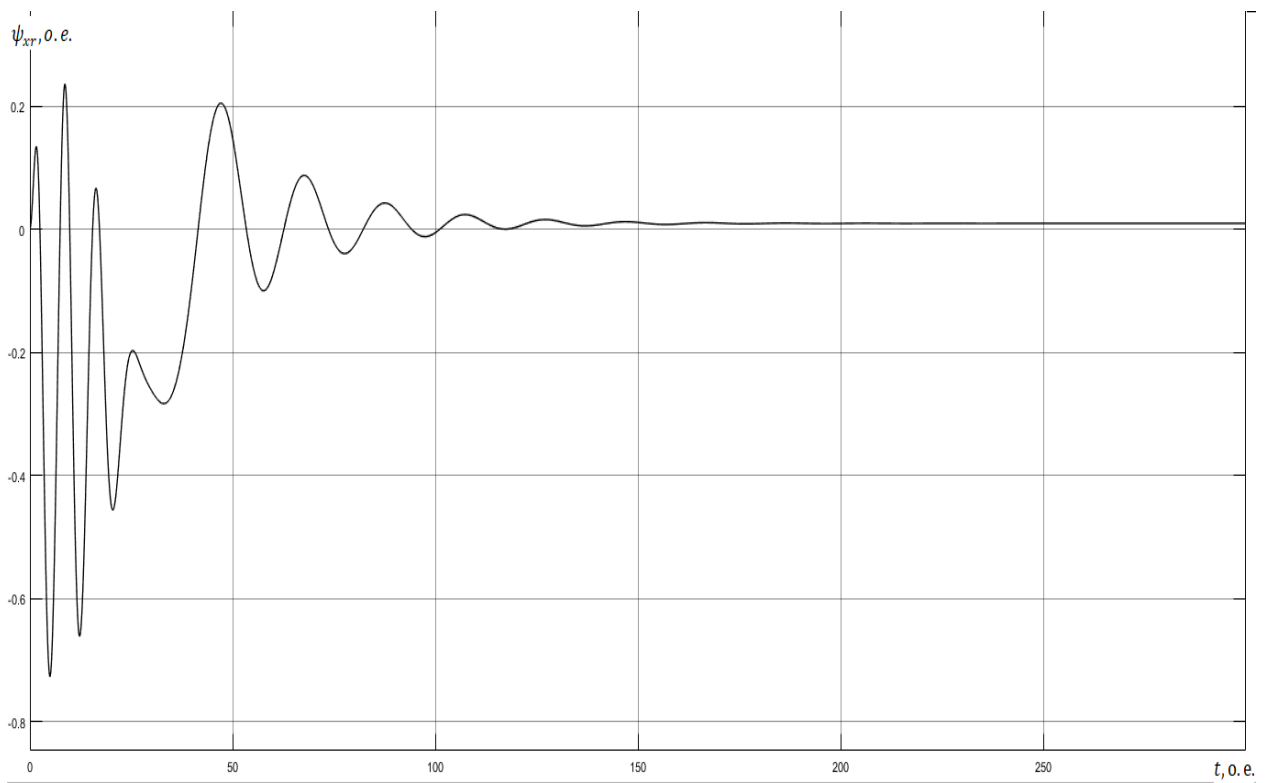
① 810451.4.43 - ② 7.11(19) 1.19(18) 1.16(16) 1.14(15) 1.20(16) 1.9753(10) 4.0945(14) 5.353(14) 4.9(11)



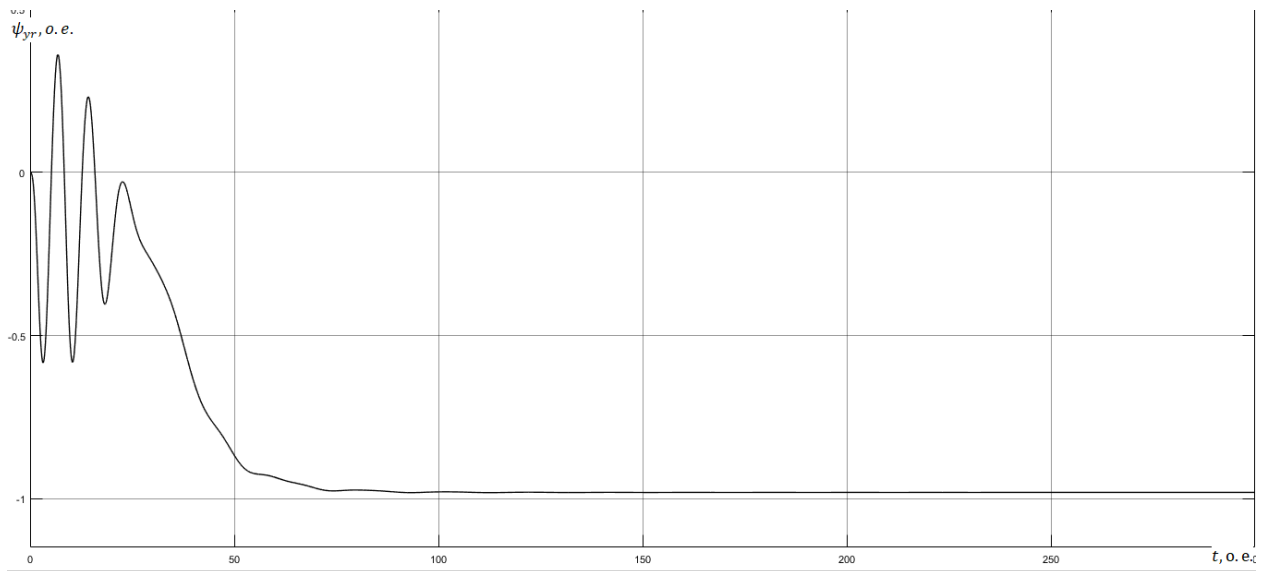
① 810451.4.44 - ② 7.11(19) 1.6(16) 7.125(15) 4.5(14) 5.67513(8) 1.35(10) ψ_{xst}



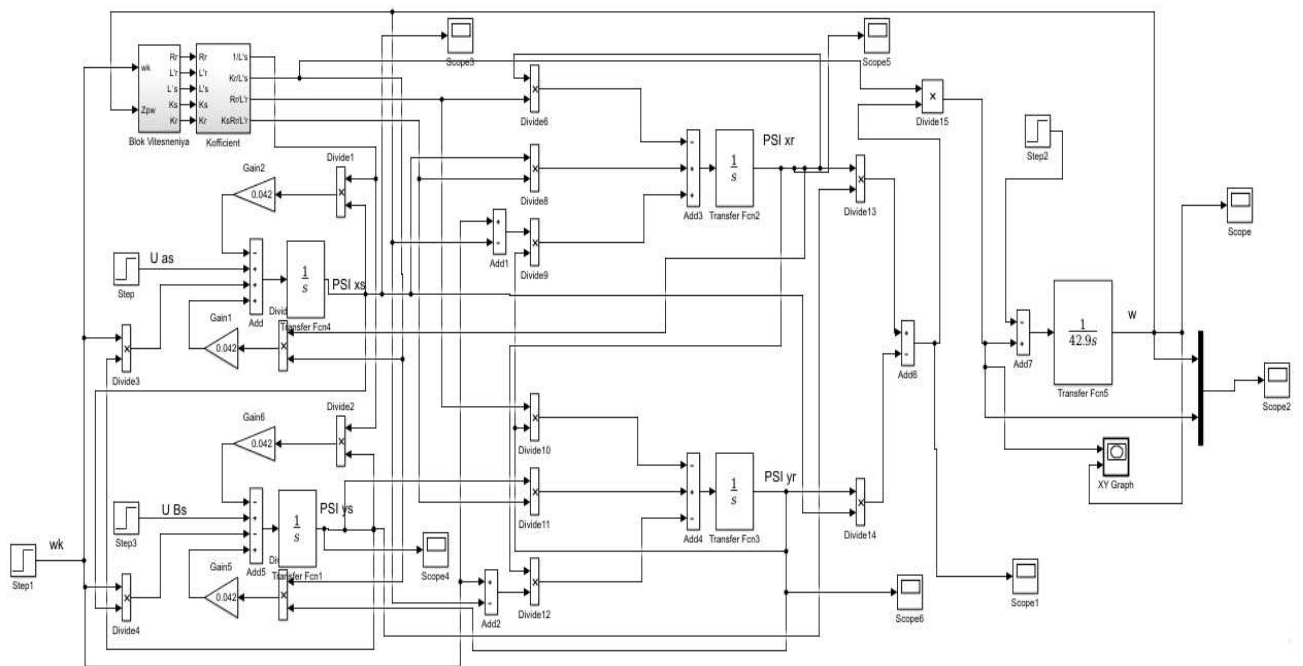
① 810451.4.45 - ② 711(19)1.6(16)7145(15)45(14)5.67513(88)3.5(15)102(b) ψ_{ys}



① 810451.4.46 - ② 711(19)1.6(16)7145(15)45(14)5.67513(88)3.5(15)102(b) ψ_{xr}



8.104.5.1.4.47 - 27.11.19. 1.67.1425.45.15.6.7513.688.11.35.102.6.ψ_{yr}

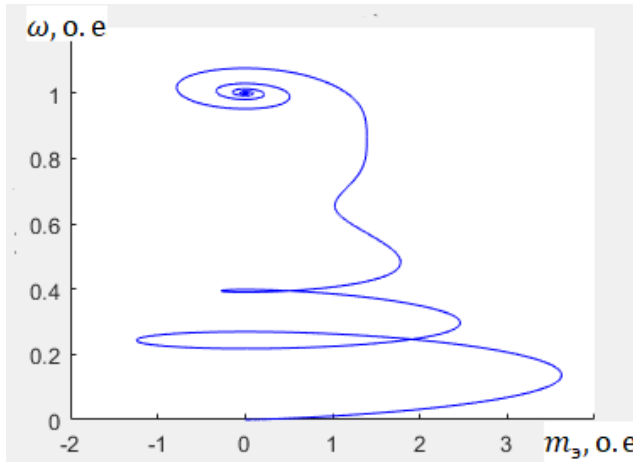


8.104.5.1.4.48 - 97.10.19.074.10.812.3.11.13.9.11.75.5.20.35.15.2.19. 11.13.15.6.11.795.1812.1557.15.94.19.12.

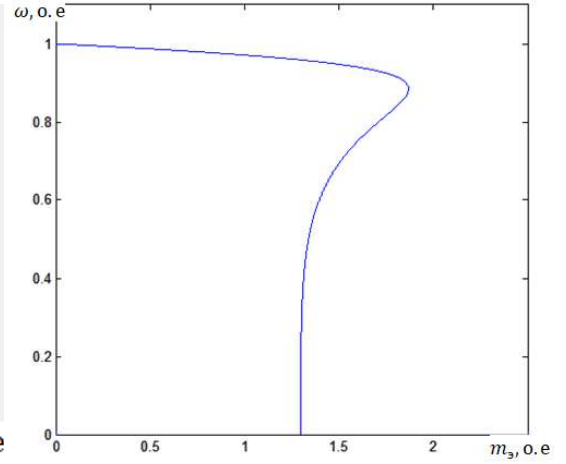
8.104.9.53.13.89.84.12.19.95.11.75.95.7.11.13.6.16.7.16.16.4.41812.ψ_s - ψ_r

4.4.2 ⑮(16)(18)10.2.19.9.(11)9.18.3.5.(15)(16)2.(19)7.5.(13)(11)4.(19)(b)(11)8.(19)4.12.7.5.4

4~250⑪4⑱3



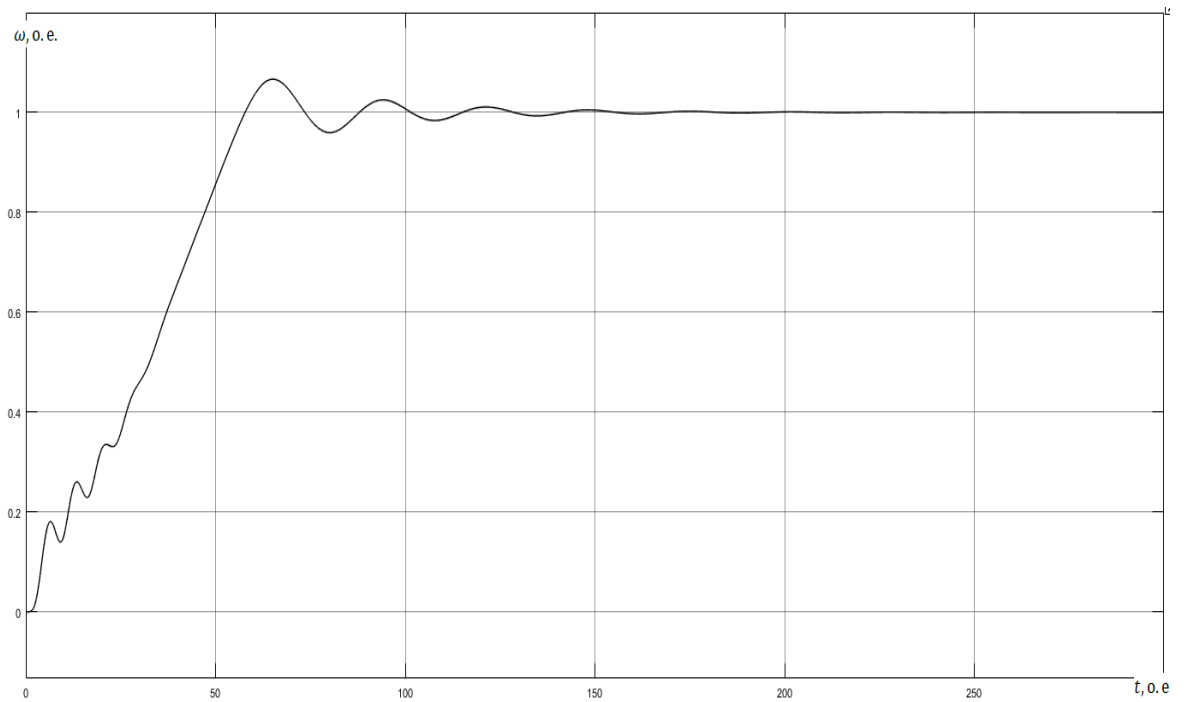
(i)



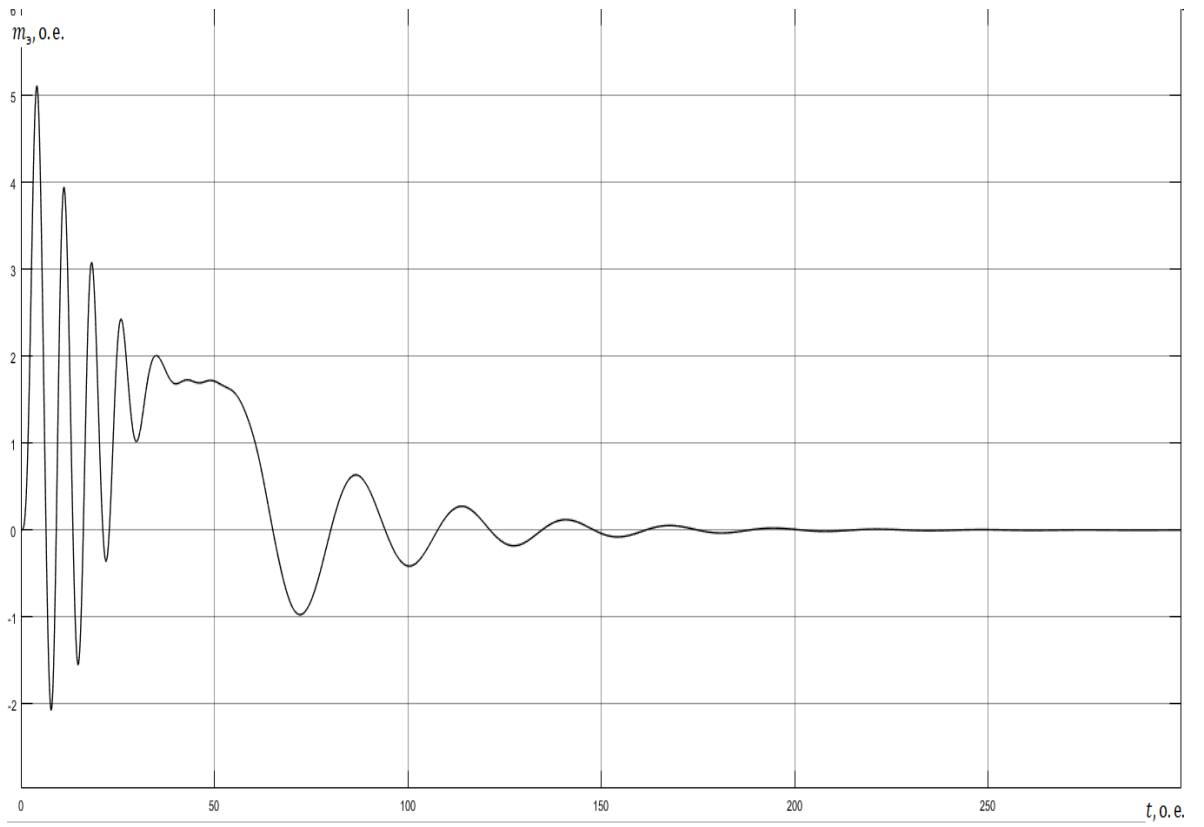
(ii)

⑮(19)80451.4.49 - ⑮(19)4.3.14.81(19)11(10)5.18(20)65797(19)(16)(18)8.3.589(19)8157589(19)59.353(16)49.1(1)(19)

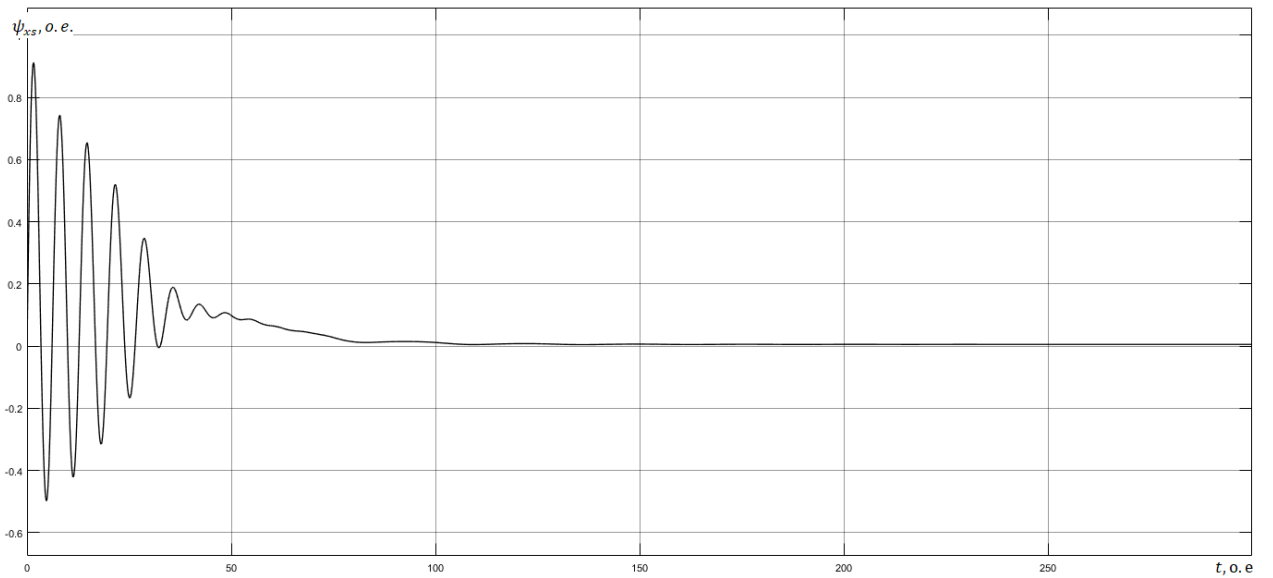
89.9.14.81(19)11(10)5.18(20)65797(19)(16)(18)8.3.589(19)8157589(19)59.353(16)49.1(1)



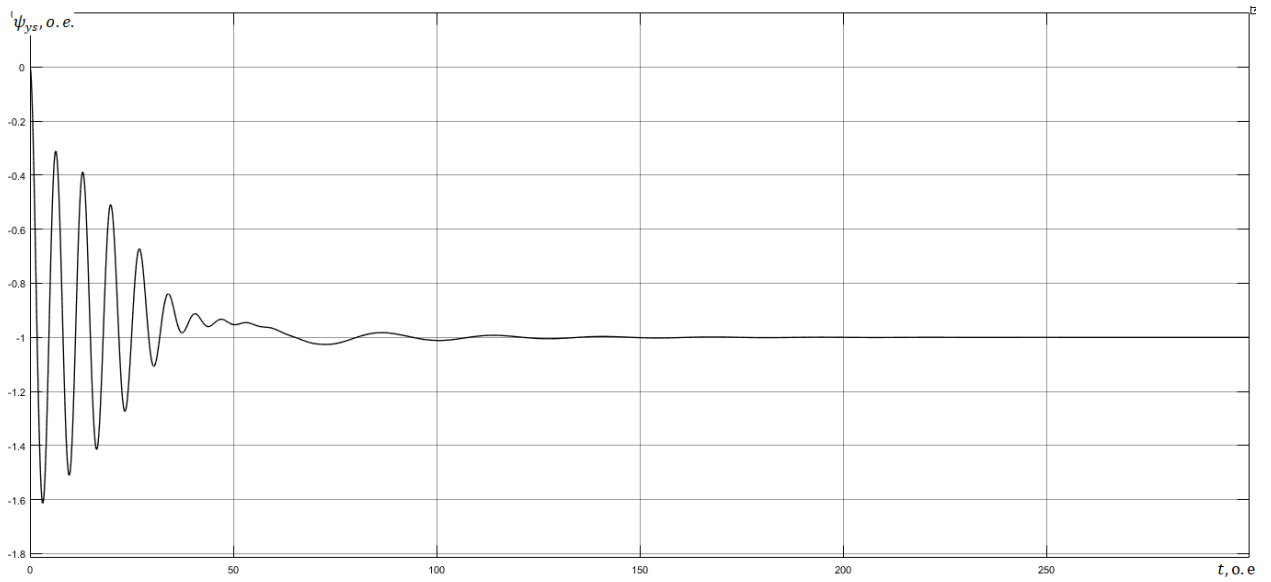
⑮(19)80451.4.50 - ⑮(19)7.11(19)1.03(16)4.4(19)8157589(19)13.7.16(16)4(19)b)



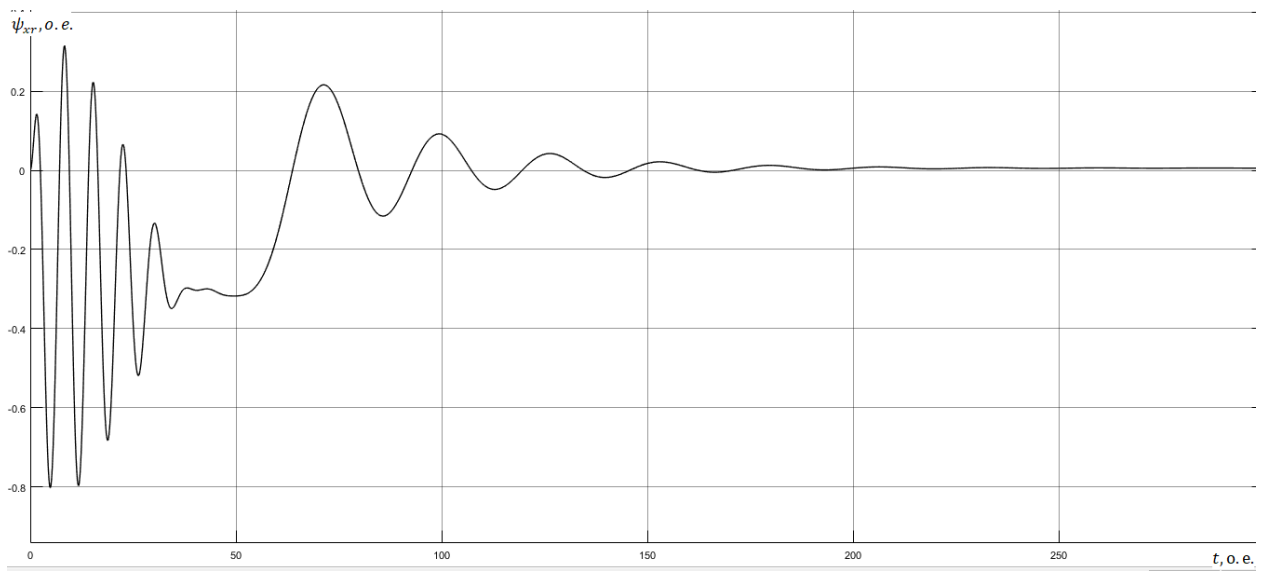
① 810451.4.51 - ② 711(19) 1.6(16) 125(14) 45(5) 6.7513(88) 13.5(10) ψ_{xS}



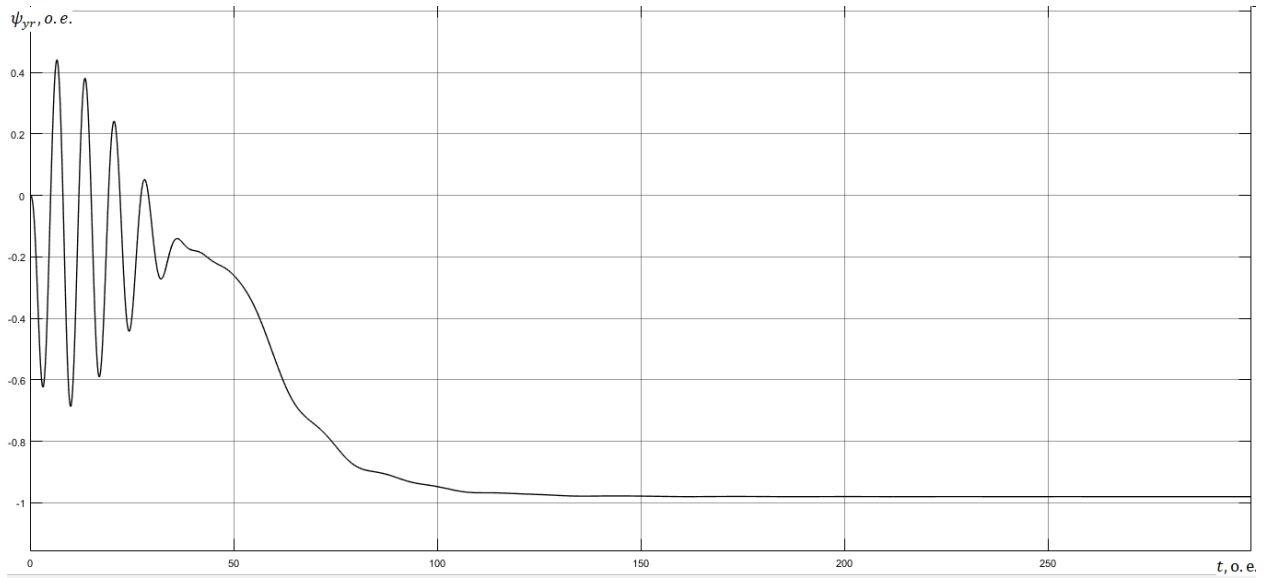
① 810451.4.52 - ② 711(19) 1.6(16) 125(14) 45(5) 6.7513(88) 13.5(10) ψ_{xS}



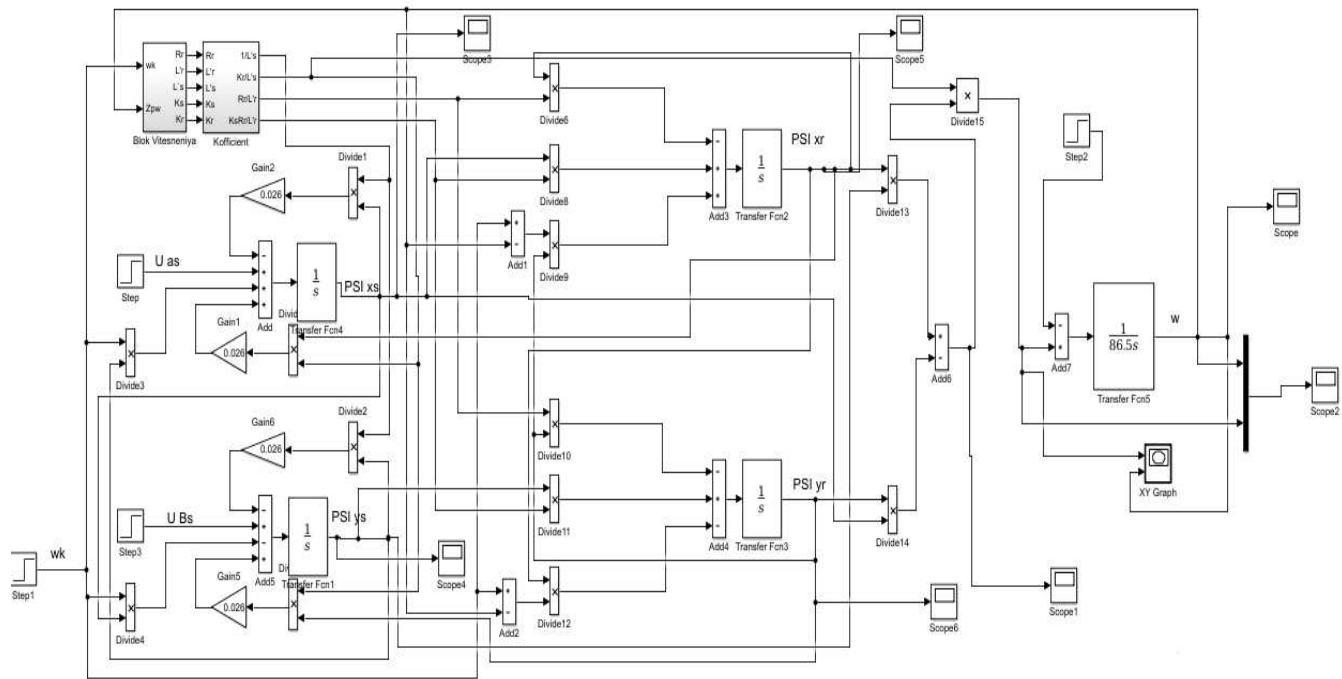
1981045.1.4.53 - 2711(19)1.6(16)1425(15)45(14)5.67513(88)1)3.5(14)102(10)b ψ_{ys}



1981045.1.4.54 - 2711(19)1.6(16)1425(15)45(14)5.67513(88)1)3.5(14)102(10)b ψ_{xr}



15) 8104.5.1.4.55 - 2711(19) 1.6(16) 145(15) 4.5(14) 5.67513(18) 113.5(10) 102.6(10) ψ_{yr}



16) 9710191074(10) 812(3) 1311(15) 11.75(13) 203.5(16) 2(19) 11(13) 15(6) 11795(14) 1812.1557(15) 94(11) 9(12) c

104(9) 53.1(8) 9(4) 95.1(11) 75957(11) 3(16) 7(3) 4.41812(16) $\bar{\psi}_s - \bar{\psi}_r$

⑥ ⑨ ⑩ (9)(2) ④ ⑫ ⑦ ④

③(1)4.4(1b) (1)8610814(1b) 1(1)2191(19)1(1)3544(1b) 7(1)259(11) (19)3(16)9. 4(1)10445.
(19)882(16)5(13)9(16)21981(19)20) 1217(11)9167. (19) 658(13)16(16)4. 7(1)27(1)2591(16) (19)882(16)5(13)4(19)a) (19)
67(19)3(16)4(16)19)a) 3(19)163(11)91481(19)2.3.5(13)2(16)0(1)8(19)41275441812.3(115(19)4.(13)(13)6(11)795(13)812.
1557(15)94(19)12.8.104(16)953. (13)89(84(16)19)b)95.1(11)75957(11) ⑭ 7(19)(13)86524(16)4(19)9)675(16)9(11)
(1)82(19)652104(16)418. 82(16)10)a)16(19)6)7(16)40219(19)918.

- 1089(14)5(13)2(16)45. 1495(19)865219(13)5(13)4(19)6)654(b9(19)b)5(12)5(14)6(16)445(20)20(16)197(19)14(81)5(20)
3(115(19)418. (13) 12(1)88(19)14(81)53. 654(19)3(14(19)9) (15)2(b) (14(1)2(19)8)1) 20(16)19753(10)4(19)941812.
67513(885(13)(13) 97(16)21(10)21812.20(16)197(19)14(81)19)2. 3(115(19)4(12. 5(14)7(14(19)4)45. 10825(13)9)3.
2(19)4(16)45(20) (16)(16)8(19)3.589(19) 97(16)21(10)21812. 8(19)4(1)25(13) ① 8(13)(10)9) 8. 5(14)1(14)4183.
5(14)7(14(19)4)4(19)3, (13) 7(1)259(16) (13)6(16)45. 654(b9(19)6) 675897(14)89(13)6)445(14).
(97(16)23(16)745(14). 5(12)5(14)6(16)445(14). (13)6)1957(11) 625815(20) 2(19)4(16)45. 4(16)(16)8(19)3.5(20)
97(16)21(10)21812(20) 8(19)89(16)318. 8(19)4(1)25(13) ⑬(12)5(14)6(16)4410)a) 3(115(19)410. 67(16)25(17)16)45.
7(1)883(19)7(19)3(19)9.97(16)23(16)745(20) 85(13)67(17)116(16)0) 65. 97(19)(13)6(19)3.45. 5795(15)4(11)2191812.
5(12)3.591(19)4(11)89(19)957(16)19)75957(16) 58(19) , ϕ, .). ⑭ 7(19)3(16)6(16)418.(13)6)195745. 3(11)7(19)4418(16)
(13)9)111(16)7(16)413(19) 21918(16) 107(1)24(16)4(19)b) 20(16)19753(10)4(19)941812. 15491075(13) 89(19)57(11) (19)
75957(11) 97(16)23(16)745(20) 5(12)5(14)6(16)445(20) 3(115(19)418. (19) (13)6)195745. 3(11)7(19)4418(16)
(12)(16)27(10)14(81(19)6) 107(1)24(16)4(19)b) 8(13)(10)9) 3(16)7(19)10. 6(16)7(16)3(16)44183(19) 1595718(16)
8(13)(10)9)9(16)21989(10)a)9. 5. 953, 1495. 107(1)24(16)4(19)b) 8(13)(10)9)16(19)6) 1557(15)94(19)18.
7(16)40219(19)710)a)16(19)12(13)6)19575(13)65. 58(19) .:(13)2(16)a)98.b)6524589(9)a) (10)9)95453.4183(19)(19)
4(16)(16)(16)8.b)9.4(19) 59.(13)9)3)1) 4(19) 59.8157589(19)(13)7(16)4(19)b) 1557(15)94(19)45(20) 8(19)89(16)318.
(13)5.1710(14)58(19) .:(19)4(16)104(89)10)a)9(13)11573(19)75(13)4(19)9)20(16)19753(10)4(19)945(14).3.53(16)49(11)
3(115(19)418. ① (19)95(14)6) 65.1(10)8)45. 1495. 3.5(17)45. (14(1)2(19)8)75(13)9)9. 107(1)24(16)4(19)b)
8(13)(10)9)16(19)6) 6(16)7(16)3(16)4418(16) 65. 58(19) .,: 59(13)6)21945. (11)(15)2(b) 589(11)21945(20) 14(89)19)
3(11)9)3(19)14(81)5(20) 3.5(13)2(19) (18)19)41275445(20) 3(115(19)418. (19)865219(13)9)9. (16)6(11)7)9.
153.62(16)1841812. 11104.113(19)20) 1495. 8106(16)89(13)6)445. 1067516(10)9. 3(11)9)3(19)14(81(19)6)
(13)812(10)5)1(19)

- 7(1)27(1)259(16)4.4(1)257.3(11)9)3(19)14(81(19)2.3.5(13)2(16)0(1)8(19)41275445(20)3(115(19)418, (13)
159571812(13)6)1957418(16)6(16)7(16)3(16)4418(16)85895(14)19)b)67(16)589(10)3)2(16)418.(19)12(13)6(11)795(13)83(19)
1557(15)94(19)13(19)

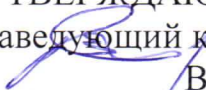
- $7^{(10)} 8^{(10)} 259^{(1)} 4$. $4^{(10)} 257$. $1095144^{(16)} 441812$. $3^{(19)} 9^{(16)} 3^{(19)} 9^{(16)} 81^{(19)} 2$. $3.5^{(15)} 2^{(16)}$
 $(18^{(19)} 41275445^{(20)} 3^{(11)} 15^{(19)} 418$. $(13^{(15)} 6^{(11)} 1795^{(13)} 1812$. $1557^{(15)} 9^{(11)} 12$. $104^{(19)} 98^{(13)} (a) 16^{(19)} 20111^{(16)} 9$.
 $(1389^{(16)} 84^{(16)} (19b) 95.1^{(11)} 75957^{(11)}) \textcircled{1} 1^{(11)} 14^{(16)} 89^{(13)} 6^{(12)} 05^{(15)} 5^{(20)} (13b) 9^{(11)} 3^{(19)} 9^{(16)} 3^{(19)} 9^{(16)} 81^{(19)} (b) 3.5^{(15)} 2^{(19)}$.
 $(18^{(19)} 41275445^{(15)} (15^{(19)} 9^{(10)} 9^{(16)} 2^{(b)} (13) (13^{(19)} 5^{(6)} 652104^{(16)} 441812$. $4^{(11)} 5845^{(13)} 4^{(19)} 9) 654^{(b)} 9^{(19)} (b)$
 $5^{(12)} 5^{(16)} (c) 445^{(20)} 3^{(11)} 15^{(19)} 418$. $(138.7^{(10)} 7^{(16)} 441812$. $(13) 65241812$. $6^{(16)} 7^{(16)} 3^{(16)} 441812$. (19)
 $6.7^{(16)} 89^{(10)} 2^{(16)} 441812$. $(13^{(13)} 9^{(5)} 6) 8^{(19)} 9^{(16)} 318$. $1557^{(15)} 9^{(11)} 12$. $19.57^{(19)} 6^{(19)} 19.75^{(13)} 445^{(20)} 65^{(13)} 195710$.
 $6^{(19)} 9^{(16)} 16^{(16)} 5$. $(15^{(19)} 9^{(10)} 9^{(16)} 219$. $4^{(16)} 7^{(16)} 7^{(16)} 4^{(19)} (b) \textcircled{3} 2^{(b)} 2095^{(20)} 3.5^{(15)} 2^{(19)} 7^{(10)} 8^{(10)} 259^{(1)} 4^{(11)}$
 $8971019107^{(11)} 7^{(16)} 2^{(19)} 9^{(13)} 13^{(19)} (16) (15) 2^{(b)} (15^{(19)} 9^{(10)} 9^{(16)} 2^{(b)} 4 \sim 160 \textcircled{11} 2 \textcircled{18} 3 (19) 4 \sim 160 \textcircled{11} 2 \textcircled{18} 3$ 8.
 $453^{(19)} 4^{(11)} 2194183^{(19)} 3.516.4589^{(b)} 3^{(19)} 18,5 (19) 75 1 \textcircled{9}$. $8559^{(13)} 9^{(16)} 89^{(13)} 445$. $(13) 6^{(11)} (16) 9^{(16)}$
 $6.7^{(19)} 12^{(10)} 541812$. $3^{(11)} 9^{(16)} 3^{(19)} 9^{(16)} 81^{(19)} 2$. $6.75^{(17)} 133$. MatLab. $\textcircled{7} 11$. $(17^{(16)} (1482^{(19)}$
 $83.5^{(15)} 2^{(19)} 75^{(13)} 418$. $\cap \textcircled{11} (15) 2^{(b)} 6^{(16)} 7^{(16)} 3^{(16)} 441812$. $\bar{i}_S, \bar{\Psi}_r (19) \bar{\Psi}_s, \bar{\Psi}_r$. $\textcircled{14} 52104^{(16)} 4418^{(16)} 6.7^{(19)}$
 $3.5^{(15)} 2^{(19)} 75^{(13)} 4^{(19)} 9) 6.7^{(b)} 3.5^{(15)} 5$. $61081^{(11)} (18^{(19)} 41275441812$. $(15^{(19)} 9^{(10)} 9^{(16)} 2^{(16)} (13) 7^{(16)} 3^{(16)} 4418^{(16)} (19)$
 $11^{(10)} 5^{(13)} 18^{(16)} 12^{(17)} 11^{(19)} 7^{(16)} 19^{(19)} 89^{(19)} 1^{(19)} (11) 9^{(11)} (17^{(16)} (14) 7^{(11)} (19) 1$. $89^{(19)} 9^{(16)} 815^{(20)} 3^{(10)} 2^{(14)} 4^{(19)} 14^{(16)} 815^{(20)}$
 $12^{(17)} 11^{(19)} 7^{(16)} 19^{(19)} 89^{(19)} 1^{(19)} (15^{(19)} 9^{(10)} 9^{(16)} 2^{(b)} (14) 82^{(19)} (19) 5^{(6)} 49^{(19)} 4418$. $\textcircled{13} 6^{(10)} 2199^{(19)} 918$. $(19) 882^{(16)} 5^{(13)} 4^{(19)} (b)$
 $6.7513^{(16)} 885^{(13)} 6.7^{(16)} 89^{(10)} 2^{(16)} 418$. $(13) 7^{(10)} 8^{(10)} 259^{(1)} 4$.
 $\textcircled{3} 5895^{(13)} 6745899$. $7^{(16)} 102199^{(19)} 95^{(13)} (19) (13) 13^{(15)} 5^{(13)} 65^{(15)} 9^{(16)} 7^{(17)} 13^{(16)} 9^{(19)} (b)$
 $3^{(11)} 9^{(16)} 3^{(19)} 9^{(16)} 81^{(19)} 3$. $5^{(12)} 5845^{(13)} 4^{(19)} 9) 3$. $7^{(10)} 8^{(10)} 259^{(1)} 441812$. $3.5^{(15)} 2^{(16)} 0) 856589^{(10)} 9) 3.5899^{(a)}$
 $652104^{(16)} 441812$. $7^{(16)} 102199^{(19)} 95^{(13)} 8.6525^{(17)} 6^{(19)} 3^{(19)} 20^{(16)} 19753^{(14)} 2^{(14)} (19) (19) 9) 85^{(13)} 6^{(10)} 5^{(16)} 4^{(19)} 9) 3$.
 $7^{(16)} 102199^{(19)} 95^{(13)} 3.5^{(15)} 2^{(19)} 75^{(13)} 4^{(19)} (b) 6.7513^{(16)} 885^{(13)} (13) (18^{(19)} 41275445^{(20)} 3^{(11)} 15^{(19)} 4^{(16)} 4^{(11)}$
 $6.7^{(16)} 2^{(10)} 9^{(16)} 31812$. $3.5^{(15)} 2^{(12)} 12$. 8. $7^{(16)} 102199^{(19)} 9^{(13)} (19) 652104^{(16)} 44183^{(19)} 4^{(11)} 3.5^{(15)} 2^{(12)} 12$. (13)
 $652^{(b)} 741812.1557^{(15)} 9^{(11)} 12$.

12. Федоренко А. А., Лазовский Э. Н. Анализ математических моделей асинхронной машины с короткозамкнутым ротором.
13. Карагодин М. С., Федоренко А. А. Уравнения асинхронной машины в полярной системе координат // Оптимизация режимов работы систем электроприводов/ под ред. В. А. Трояна. Красноярск: КрПИ, 1982. 166 с.
14. Усольцев А. А. Частотное управление асинхронными двигателями: учеб. пособие для вузов. СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. 94 с.
15. Копылов И. П. Математическое моделирование электрических машин: учеб. для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 2001. 327 с.
16. Москаленко В. В. Электрический привод: учеб. для вузов. М.: Академия, 2007. 368 с.
17. Ключев В. И. Теория электропривода: учеб. М.: Энергоатомиздат, 2001. 704с.
18. Копылов И. П. Справочник по электрическим машинам: в 2 т. / под ред. И. П. Копылова, Б. К. Клокова. М.: Энергоатомиздат, 1988.
19. Копылов И. П. Электромеханические преобразователи энергии. / под ред. Д. А. Аветисяна, В. С. Соколова. М.: «Энергия», 1973. 400 с.
20. Сандлер А. С., Сарбатов Р. С. Автоматическое частотное управление асинхронными двигателями: учеб. пособие. М.: Энергия, 1974. 328 с.
21. Вольдек А. И. Электрические машины: учеб. для вузов. Л.: Энергия, 1978. 832 с.
22. Копылов И. П. Электрические машины: Учеб. для вузов / И. П. Копылов. – 4-е изд., испр. – М.:Высш. шк., 2004. – 607 с.
23. Фильц Р. В. Дифференциальные уравнения напряжений насыщенной асинхронной машины // Вопросы теории и регулирования электрических машин: Научн. записки Львовского политехнического института. Львов, 1963. С. 22-32.
24. Асинхронные двигатели серии 4А: справочник / А. Э. Кравчик, М. М. Шлаф, В. И. Афонин [и др.]. М.: Энергоиздат, 1982. 504 с.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра «Электротехнические комплексы и системы»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

В.И. Пантелеев
« 8 » 06 2018 г.

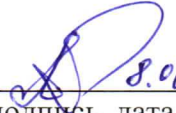
БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02.10 - Электроэнергетика и электротехника

Моделирование АД в декартовых координатах с учетом вытеснения
тока ротора

Пояснительная записка


Руководитель


8.06.18
подпись, дата

_____ к.т.н., доцент
должность, ученая степень

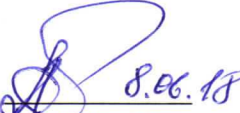
А.А. Федоренко
инициалы, фамилия

Выпускник


8.06.18
подпись, дата

В.П. Федорова
инициалы, фамилия

Нормоконтролер


8.06.18
подпись, дата

_____ к.т.н., доцент
должность, ученая степень

А.А. Федоренко
инициалы, фамилия

Красноярск 2018