

Министерство высшего и среднего специального образования БССР
ВИТЕБСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

"УТВЕРЖДАЮ"



№ гос. регистрации 70061166

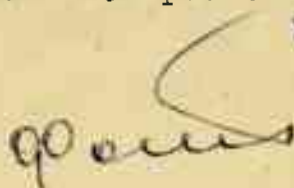
Инв. № 5231648

ИЗГОТОВЛЕНИЕ, ОТЛАДКА И ИССЛЕДОВАНИЕ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ НА 30 КВТ,
60 гц, 220-380-440 в.

Выполнено по договору с Витебским
станкозаводом им.Кирова. Тема №19-И

хб-5

Проректор
по научной работе
к.т.н.доцент



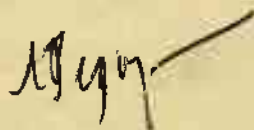
(Б.Р.ФОМЧЕНКО)

Научный руководитель
отдела научно-иссле-
довательских работ



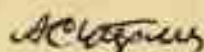
(И.В.ЛОБАЦКИЙ)

Декан факультета
к.т.н.доцент



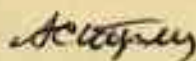
(А.Н.ФЕДОСЕЕВ)

Зав.кафедрой
электротехники и авто-
матики
к.т.н. доцент



(А.М.СУТОРМИН)

Руководитель темы
к.т.н. доцент



(А.М.СУТОРМИН)

Отв. исполнитель
и.о.доцента



(Е.Г.АБРАМОВ)

г.ВИТЕБСК, 1972 г.

Библиотека ВГТУ



ИСПОЛНИТЕЛИ :

1.СУТОРМИН А.М.	С.Н.С.
2.АБРАМОВ Е.Г.	С.Н.С.
3.ФЕДОСЕЕВ А.Н.	С.Н.С.
4.ИВАНОВ В.Н.	М.Н.С.

А Н Н О Т А Ц И Я

До настоящего времени наша промышленность не освоила выпуск преобразователей частоты для прямого последовательного пуска асинхронных электродвигателей (например для металлорежущих станков, где требуется последовательный прямой пуск нескольких двигателей).

В отчете приводится обзор и анализ силовых схем и схем управления, приводится схема разработанного преобразователя частоты.

О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ.	5
ГЛАВА I. Обзор и анализ отечественных и иностранных приводов с частотным регулированием скорости асинхронных электродвигателей	6
§ I.1. Классификация силовых схем преобразователей частоты.	6
§ I.2. Параллельные инверторы	9
§ I.3. Последовательные инверторы	23
§ I.4. Инверторы с двухступенчатой коммутацией.	26
§ I.5. Инверторы с общим устройством коммутации	33
§ I.6. Схемы управления выпрямителем.	38
§ I.7. Схемы управления инвертором.	45
ГЛАВА II. Разработка преобразователя частоты	57
§ 2.1. Обоснование выбранной схемы преобразователя частоты	57
§ 2.2. Описание работы схемы преобразователя частоты.	57
ГЛАВА III. Расчет конструктивных элементов преобразователя частоты	66
§ 3.1. Параметры асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором	66
§ 3.2. Выбор тиристоров и диодов для выпрямителя и инвертора	66
§ 3.3. Выбор компенсирующей емкости	70
§ 3.4. Расчет фильтра	70
§ 3.5. Расчет коммутирующих элементов инвертора	72
§ 3.6. Расчет выходных трансформаторов схемы управления инвертором.	72
ЛИТЕРАТУРА.	76

В В Е Д Е Н И Е

Разработкой преобразователей частоты для асинхронного электропривода занимается большое количество организаций как в нашей стране, так и за её пределами. С момента появления новых управляемых вентилей-тиристоров появилось большое количество статических преобразователей частоты, отличающихся принципиальными и конструктивными решениями.

Отечественная промышленность разработала и выпустила статический преобразователь частоты мощностью до 100 квт. Однако этот преобразователь имеет тот недостаток, что при включении асинхронного двигателя осуществляется частотный пуск, т.е. пуск при пониженной частоте и напряжении.

Для многодвигательных приводов переменного тока частотный пуск отдельных электродвигателей не может быть осуществлен от одного преобразователя частоты. Кроме того, в ряде случаев возникает необходимость иметь различные номинальные напряжения для одной и той же частоты.

Целью настоящей работы является создание преобразователей частоты, обеспечивающих пуск асинхронных электродвигателей при нормальном приложенном напряжении 220 в, 380 в, 440 в.

С Витебским станкостроительным заводом им.Кирова был заключен договор № 5 от 23 июля 1969 г. на тему: "Изготовление, отладка и исследование преобразователя частоты на 30 квт, 60 гц, 220 - 380 - 440 в." В ноябре 1969 г. проводилось совместное совещание между ВТИЛП и заводом им.Кирова на котором были согласованы все технические вопросы, связанные с изготовлением преобразователя частоты и оформлены протоколы от 20 ноября 1969 г.

В протоколе № I от 20 ноября 1969 г. сформулированы основные требования на разработку преобразователя частоты:

1. Установленная мощность преобразователя частоты должна обеспечить подключение станков общей мощностью до 30 квт, с учетом прямого пуска двигателя до 13 квт и пуск с добавочными сопротивлениями двигателей до 22 квт.

2. Выходное напряжение преобразователя должно иметь номиналы: 220 в, 380 в, 440 в. Отклонение напряжения от указанных величин не должно превышать значений $\pm 10\%$.

3. Предусмотреть подрегулировку частоты в пределах $\pm 10\%$ от номинальной частоты 60 гц.

4. При запуске двигателя не должна отключаться пуско-регулирующая аппаратура станка.

5. Электрошкаф и выходной трансформатор установить на общей раме с учетом возможностей транспортировки.

6. На электрошкафу установить приборы контроля и сигнализации.

Г л а в а I.

ОБЗОР И АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ИНОСТРАННЫХ ПРИВОДОВ С ЧАСТОТНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ СКОРО- СТИ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ.

§ I. I. Классификация силовых схем преобразователей частоты.

Начало работы по частотному регулированию относится к 1921 г., когда Костенко М.П. и Ямпольский Н.С. получили патент на коллекторный генератор переменной частоты с постоянной скоростью вращения. Особенно важным явилось то обстоятельство, что частота регулировалась от нуля до номинального значения независимо от регулирования амплитуды напряжения.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. А.А.Булгаков. "Частотное управление асинхронными электродвигателями" АН СССР, Москва, 1966 г.
2. А.А.Булгаков. "Основы динамики управляемых вентильных систем" АН СССР, Москва, 1963 г.
3. А.С.Сандлер
Р.С.Сарбатов "Электроприводы с полупроводниковым управлением" Преобразователи частоты для управления асинхронными двигателями. Изд. "Энергия", 1966 г.
4. Т.А.Глазенко "Импульсные полупроводниковые усилители в электроприводах". Изд. "Энергия", 1965 г.
5. В.П.Шипилло
О.Г.Булатов "Расчет полупроводниковых систем управления вентильными преобразователями". Изд. "Энергия" 1966 г.
6. И.В.Нежданов "Инверторы на тиристорах". Изд. "Энергия", 1965 г.
7. И.А.Сыромятников "Режимы работы асинхронных и синхронных электродвигателей", Госэнергоиздат, 1963 г.
8. В.Е.Вершин "Быстродействующие полупроводниковые переключатели", Изд. "Энергия", 1965 г.
9. Л.М.Регельсон "Анализ работы блокинг-генератора". Изд. Московского университета, 1963 г.
10. А.С.Сандлер
А.В.Кудрявцев
Р.С.Сарбатов
А.А.Никольский
В.Ш.Зельдин "Статистический преобразователь частоты на полупроводниковых управляемых вентилях для регулирования скорости вращения высокоскоростных асинхронных двигателей". Труды Московского ордина Ленина энергетического института. Выпуск VI. Электромеханика. Москва, 1964 г.
11. А.И.Зайцев
М.А.Житков
А.И.Сапожников "Преобразователь переменного тока с время-импульсной модуляцией". Известия Томского ордина Трудового Красного знамени политехнического института им.С.М.Кирова, т.153, 1965 г.
12. О.А.Маевский "Коэффициент мощности и составляющие полной мощности вентильных преобразователей частоты"
13. В.А.Лабунцов "Тиристорные преобразователи частоты для регулируемого привода переменного тока". Тиристорные электроприводы в машиностроении, Сборник 2, 1965 г.

14. Т. А. Глазенко "Тиристорные преобразователи частоты с явно выраженным звеном постоянного тока для регулирования скорости вращения асинхронных двигателей". Тиристорный электропривод в машиностроении, сборник 2, 1965 г.
15. И. И. Кантер "Преобразователи частоты на тиристорах для частотного регулирования асинхронных двигателей". Тиристорный электропривод в машиностроении, сборник 2, 1965 г.
16. И. Б. Семенов
Н. И. Кармоцкий "Тиристорный преобразователь частоты с разделительными диодами". Тиристорный электропривод в машиностроении, сборник 2, 1965 г.
17. В. Е. Скороваров "Расчет тиристорного инвертора для частотного регулирования асинхронных двигателей". Тиристорный электропривод в машиностроении, сборник 2, 1965 г.
18. О. И. Хасаев
О. А. Коссов "Регулирование напряжения в системе транзисторный инвертор - асинхронный двигатель". Электричество, 1965 г. № 9.
19. Ю. Г. Толстов
А. Г. Придатков "Некоторые вопросы регулирования автономных инверторов тока". Электричество, № II 1965 г.
20. В. Е. Скороваров "Работа вентиля в схемах автономных инверторов с повышенной частотой". Электричество, № 3, 1965 г.
21. Е. Ф. Доронин "Мультивибраторы на транзисторах", Киев, 1963 г.
22. А. И. Яковлев "Исследование распределения температур в коротко замкнутых роторах асинхронных электродвигателей". Электричество, № 3, 1965 г.
23. Г. В. Аранчий
Г. Г. Жемеров
И. И. Энштейн "Метод анализа автономных инверторов, питающих асинхронный двигатель". Электротехника, № 5, 1965 г.
24. В. Л. Анхимюк
О. П. Ильин
Г. П. Шейна "О выборе двигателя электропривода с частотным регулированием при постоянстве мощности". ИВУЗ - Энергетика, № 5, 1966 г.

25. В. Н. Бочкарев
В. И. Гринштейн
В. М. Шевцов "Работа тиристорov в цепях с активно-индуктивной нагрузкой при импульсном управлении". ИВУЗ - Электромеханика, № 10, 1965 г.
26. Т. А. Глазенко "Полупроводниковые инверторы с широтно-импульсной модуляцией для систем электропривода". ИВУЗ - Приборостроение, № 1, 1965 г.
27. В. Е. Скороваров "Автономные инверторы напряжения на кремниевых управляемых вентилях". Электричество, № 5, 1964 г.
28. Г. Г. Рекус
М. Т. Чирков "О пределах регулирования скорости асинхронного двигателя при частотном управлении". Электричество, № 5, 1964 г.
29. Г. А. Ривкин "Исследование автономных инверторов методом геометрических мест". Электричество, № II, 1964 г.
30. М. З. Хамудханов "О схемах инвертора с искусственной коммутацией, осуществляемый с помощью дополнительных вентилях". Электротехника, № 2, 1965 г.
31. А. И. Марьяновский
Б. М. Гуткин "Исследование стационарных периодических режимов автономного инвертора". Электротехника, № 8, 1965 г.
32. Е. Я. Казовский "Переходные процессы в электрических машинах переменного тока". Изд. АН СССР, 1962 г.
33. В. А. Шубенко
Р. Т. Шрейнер
В. И. Лихошерст "Построение преобразователей для частотного управления электроприводами". Электротехника, № 10, 1965 г.
34. А. С. Сандлер
Р. С. Сарбатов "Нагрев самовентилируемых асинхронных двигателей при частотной управлении". Электротехника, № II, 1965 г.
35. А. С. Сандлер
Ю. М. Гусяцкий
В. Ш. Зельдин
Г. А. Шукин "Автономный полупроводниковый инвертор". Электротехника, № 3, 1966 г.
36. Т. А. Глазенко "Потеря мощности в преобразователях частоты с ШИМ напряжения". Известия вузов СССР - Приборостроение, № 1, 1966 г.

37. Д. А. Завалишин "Ионный преобразователь частоты для регулирования скорости индуктивных двигателей". Электричество, № 4, 1939 г.
38. Д. А. Завалишин
В. Ф. Шукалов "Вентильные преобразователи частоты, предназначенные для частотного регулирования скорости асинхронных двигателей". Вестник электропромышленности, № 6, 1961 г.
39. М. П. Костенко "Коллекторный генератор переменного тока с регулированием частоты, независимым от скорости вращения". Электричество, № 2, 1948 г.
40. М. П. Костенко "Работа многофазного асинхронного двигателя при переменном числе периодов". Электричество, № 2, 1925 г.
41. И. И. Кантер
М. З. Зубрилов "Инвертор с конденсаторной коммутацией". Авт. свидетельство кл. 21, 1203, № 156230.
42. И. И. Кантер
Е. А. Мазин
Ю. М. Голембиовский "Трехфазный мостовой полупроводниковый преобразователь частоты". Электротехника, № 10, 1963 г.
43. И. И. Кантер "Теория работы многофазных самоуправляемых инверторов с конденсаторной коммутацией". Электричество, № 6, 1954 г.
44. Д. И. Марьяновский
Е. М. Гуткин "Исследование стационарных периодических режимов автономного инвертора". Электротехника, № 8, 1965 г.
45. Г. П. Мостакова
Ф. И. Ковалев "Расчет мощного автономного инвертора с регулируемым выходным напряжением". Сборник "Преобразовательные устройства в электроэнергетике". Изд. "Наука". 1964 г.
46. Ю. Г. Толстов
А. В. Наталкин "Инверторы тока для частотного управления асинхронным электроприводом". Труды III всесоюзной конференции по бесконтактным электрическим машинам". Ч. I, Рига.
47. Ю. Г. Толстов "Автономные инверторы". Сборник "Преобразовательные устройства в электроэнергетике". Изд. "Наука", 1964 г.

48. В. В. Тренихин "Трехфазный независимый инвертор". Авт. свидетельство кл. 210 2, I203, № I56606.
49. Г. И. Новикова
В. Л. Грузов
Г. П. Орехова "Исследование полупроводникового п.ч. при работе на асинхронном двигателе". Сборник "Автоматизированный электропривод". Изд. "Наука", 1964 г.
50. А. С. Сандлер "Регулирование скорости вращения асинхронных двигателей". Изд. "Энергия", 1966 г.
51. А. М. Сутормин "Исследование многофазного автономного инвертора нагруженного на асинхронный двигатель". Автореферат диссертации, М., 1954 г.
52. Б. У. Умаров "Основные свойства независимого инвертора с емкостной коммутацией и добавочными вентилями". Автореферат диссертации.
53. М. З. Хамудханов "Частотное управление асинхронными электродвигателями". Изд. АН УзССР, 1959 г.
54. О. И. Хасаев "Транзисторные преобразователи напряжения и частоты". Изд. "Наука", М., 1966 г.
55. Я. З. Ципкин "Переходные и установившиеся процессы в импульсных цепях". ГЭИ, 1951 г.
56. О. И. Хасаев "Работа полупроводникового преобразователя напряжения на индуктивно-активную нагрузку". Вестник электропромышленности, № 5, 1962 г.
57. Г. И. Шевченко "Режимы работы ионного преобразователя частоты". Труды МЭИ, М., 1953 г.
58. В. Ф. Шукалов "Независимый параллельный ионный инвертор". Авт. свид. кл. 210², I203, № II5475.
59. Н. Н. Щедрин "Элементы теории преобразования постоянного тока в переменный с естественной коммутацией при очень большом числе анодных фаз". Труды ин-та энергетики АН УзССР, вып. 6, Ташкент 1951, стр. 3-40.
60. Г. И. Шевченко "Стабилизация напряжения ионного преобразователя частоты". Электричество, № 5, 1953 г.

61. И. А. Рейнеке "О выборе величины коммутирующей емкости в независимых инверторах". Труды ин-та энергетика АН УзССР, вып. 6., Ташкент, 1951 г.
62. Ж. П. Пчахчян "Ионный привод постоянного тока с улучшенным коэффициентом мощности". Диссертация, М., МЭИ, 1954 г.
63. И. Л. Кельнов "Электронные и ионные преобразователи". Госэнергоиздат., т. I, II, III, 1956 г.
64. Б. Н. Воротынец "Исследование режимов работы независимого инвертора с конденсаторами на основной и утроенной частотах". Автореферат диссертации, МЭИ, 1964 г.
65. Н. Х. Ситник
Л. Т. Некрасов
Е. И. Беркович
С. М. Ягунов "Автономные инверторы с отдельными от нагрузки конденсаторами". Изд. "Энергия". М., 1968 г.
66. В. Е. Скороваров "Автономные инверторы напряжения на кремниевых управляемых вентиллях". Электричество, № 5, 1964 г.
67. Д. А. Завалишин
В. Ф. Шукалов "Вентильные преобразователи частоты, предназначенные для частотного регулирования скорости асинхронных двигателей". Вестник электропромышленности, № 6, 1961 г.
68. В. Ф. Шукалов "Электромагнитные процессы в трехфазном мостовом инверторе с ограниченными коммутирующими конденсаторами". Труды Ленинградского института авиационного приборостроения, вып. 36., Госгортехиздат, 1962 г.
69. Ю. Г. Толстов "Принципы расчета нормальных режимов работы трехфазного мостового инвертора". Сб. "Электроэнергетика", изд. АН СССР, № 6, 1962 г.
70. Ю. Г. Толстов "Автономные инверторы". Сб. "Преобразовательные устройства в электроэнергетике". Изд. "Наука", 1964 г.
71. Л. Т. Некрасов
Н. Х. Ситник "Автономные инверторы на тиристорах для питания асинхронного короткозамкнутого электродвигателя". "Силовая полупроводниковая техника". Труды Мордовского науч-

но-исследовательского электротехнического института, вып. III., изд. отделения ВНИИЭМ, 1966 г.

72. М. М. Глибицкий
Г. Г. Жемеров
И. И. Эпштейн

"Преобразователь постоянного тока в трех-
фазный ток." Авторское свидетельство
№ 146859 с приоритетом от 26 июля 1961 г.
Бюллетень изобретений, 1962, № 9.

73. Н. Х. Ситник

"Особенности работы тиристорov при емкост-
ной коммутации". Известия ВУЗов "Электротех-
ника", № 8, 1966 г.

74. И. И. Эпштейн

"Статистические преобразователи частоты с
автономными инверторами для регулируемых
электроприводов. Состояние и перспективы
развития производства и внедрение силовых
полупроводниковых вентиляей и преобразова-
тельных устройств на их основе". 1966 г.

75. С. Б. Юдицкий

"Полупроводниковые силовые выпрямители и
преобразовательные устройства на их основе".
Вестник электропромышленности, № 2, 1962 г.

76. В. Яцук
Ю. Гром

"Тиристорный преобразователь частоты для
частотного регулирования асинхронного дви-
гателя". Доклад на научно-технической кон-
ференции "Состояние и перспективы развития
производства и внедрения силовых полупро-
водниковых вентиляей и преобразовательных
устройств на их основе", Москва, 1966 г.

77. Е. Г. Абрамов
А. И. Дибер
А. А. Морозов

"Коммутатор постоянного тока" Авт.свидетель-
ство СССР, кл. 21А, 36/18, № 1048479/18-24
от 10/1-1966 г.

78. Е. Г. Абрамов
Т. А. Глазенко
И. И. Кантер
Л. М. Спивак
В. А. Найдис
А. С. Сандлер

"Высокоскоростные электроприводы с частотным
управлением для внутришлифовальных, заточ-
ных и других станков". Информстандартэлект-
ро, Москва, 1968 г.

79. Е. Г. Абрамов
А. А. Морозов

"Преобразователь частоты с ограничивающими
сопротивлениями в цепи обратных диодов".
МДНТП, Москва, 1968 г.