Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. XX, вып. 1, 1976 г.

УПРАВЛЕНИЕ НЕПОСРЕДСТВЕННЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ ЧАСТОТЫ ОТ СИГНАЛОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА В СИСТЕМАХ БЛОЧНОГО ВЕКТОРНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ АСИНХРОННЫМИ ПРИВОДАМИ

В.А.ДАРТАУ, Ю.П.ПАВЛОВ, Е.М.СМИРНОВ, В.Н.ЯЗЕВ

По принципу формирования выходного напряжения непосредственные преобразователи частоты подразделяются на два основных типа: тиристорные непосредственные преобразователи частоты с естественной коммутацией (ТНПЧ) и тиристорные непосредственные преобразователи частоты с принудительной коммутацией (ТНПЧ-ПК). В ТНПЧ выходная частота формируется при помощи естественной коммутации внутри полупериода выходного напряжения. Подразделяются ТНПЧ на две группы: 1) без уравнительных реакторов; 2) с уравнительными реакторами.

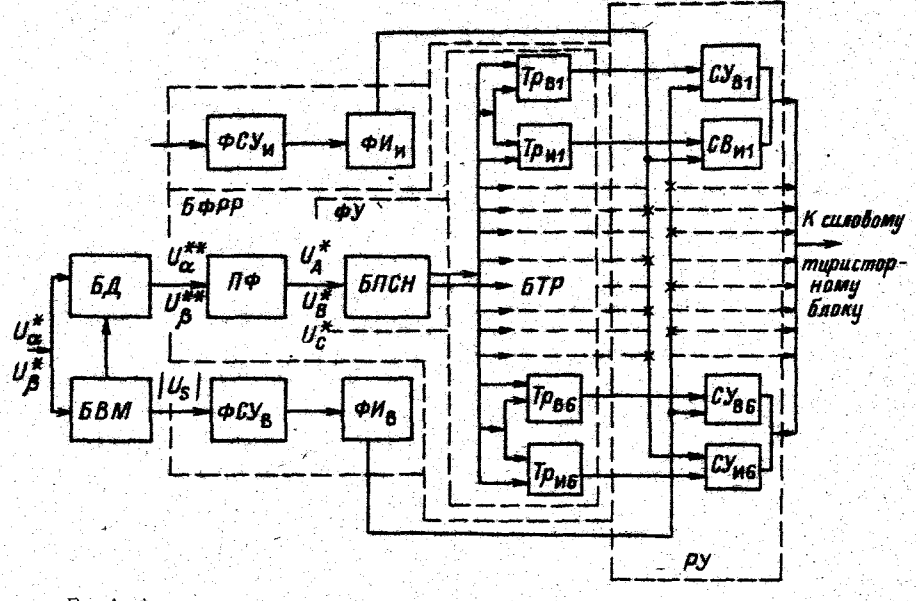
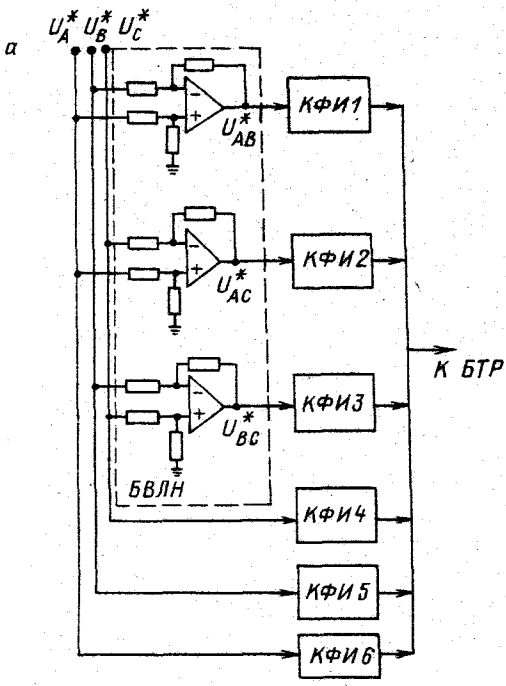


Рис.1. Функциональная схема системы управления непосредственным преобразователем частоты с естественной коммутацией в системе блочного векторного регулирования

Рассмотрим построение системы управления ТНПЧ без уравнительных реакторов для векторного подчиненного регулирования на примере преобразователя с программным управлением [2]. На вход системы управления (рис.I) поступают синусоидальные напряжения U_α^* и U_β^*, задающие частоту, величину и фазу выходного напряжения $U_{вых}$ преобразователя.

Блок выделения модуля БВМ и блок деления БД вычисляют амплитуду $|U_s|$ этих сигналов и преобразуют их в систему синусоидальных напряжений U_α^{**}, U_β^{**} с единичной амплитудой. Сигнал $|U_s|$ задает уровень $U_{вых}$ преобразователя и поступает на вход канала регулирования напряжения системы управления. Сигналы U_α^{**}, U_β^{**} задают частоту и фазу $U_{вых}$ преобразователя и поступают на вход канала регулирования частоты системы управления ТНПЧ. Канал регулирования напряжения и канал инверторного режима построены по такому же принципу и на тех же элементах, что и для ТНПЧ при управлении сигналом постоянного тока [2]. Существенно изменился канал регулирования частоты. Напряжения U_α^{**}, U_β^{**} поступают на вход блока формирования режимов работы БФРР и преобразуются преобразователем фаз ПФ в трехфазную систему синусоидальных сигналов U_A^*, U_B^*, U_C^*. Эти напряжения поступают на формирующее устройство ФУ, которое при помощи блока преобразования синусоидальных напряжений БПСН формирует импульсы, связанные с трехфазной системой U_A^*, U_B^*, U_C^*. Эти импульсы преобразуются блоком триггеров режимов БТР в импульсы, определяющие



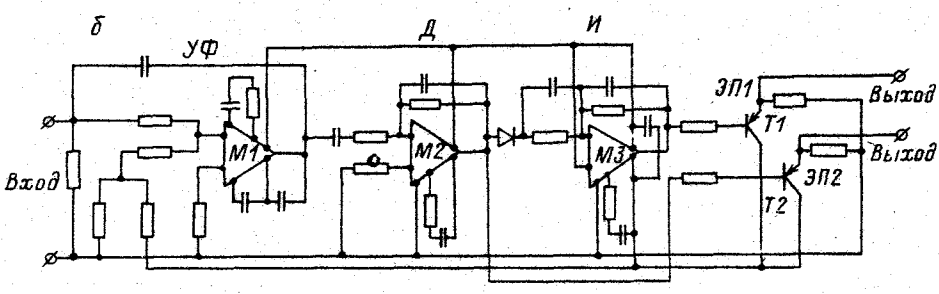


Рис.2. Блок преобразования синусоидальных напряжений в импульсах управления: а – функциональная схема; б – принципиальная схема канала формирования импульсов

длительности выпрямительного и инверторного режимов работы силовых групп тиристоров. Кроме того, ФУ должно обеспечить изменение в широких пределах длительности этих режимов.

Приведенный на рис.2,а БПСН состоит из блока выделения линейных напряжений U^*_{AB}, U^*_{BC}, U^*_{AC} БВЛН и шести одинаковых каналов формирования импульсов КФИ из синусоидальных напряжений. Собран БВЛН на трех операционных усилителях МI-М3, работающих в режиме вычитания и реализованных на микросхемах типа КI40. В КФИ (рис.2,б) синусоидальные напряжения преобразуются в импульсы, соответствующие точкам перехода напряжений через нуль. На входы КФИ1-КФИ3 поступают линейные напряжения $U^*_{AB}, U^*_{AC}, U^*_{BC}$, а на входы КФИ4-КФИ6 – фазные напряжения U^*_A, U^*_B, U^*_C. Каждый канал имеет два выхода; с первого снимается импульс, соответствующий моменту начала положительной полуволны синусоидального напряжения, а со второго – импульс, соответствующий началу отрицательной полуволны.

Каждый канал состоит из усилителя-формирователя УФ, дифференциатора Д, инвертора И и эмиттерных повторителей ЭП1, ЭП2 (на транзисторах Т1 и Т2). Усилитель реализован на микросхеме КIУТ402А (М1 на рис.2,б) и формирует прямоугольные разнополярные импульсы длительностью I80 эл.градусов из входного синусоидального напряжения. При минимальном коэффициенте усиления микросхемы K_{min} = 20 000 задержка импульсов относительно нуля входного напряжения $U_{бх}$ на частоте 0,2 Гц составляет 40 мкс. Дифференциатор с двойным сглаживанием выполнен на микросхеме КIУТ40IБ (М2 на рис.2,б), охваченной отрицательной обратной связью. Он выполняет операцию дифференцирования; на выходе Д формируются разнополярные импульсы, следующие через I80 эл.градусов относительно $U_{бх}$. При этом импульсы отрицательной полярности подаются на ЭП2, а импульсы положительной полярности – на И. Инвертор выполнен на микросхеме КIУТ40IБ (М3 на рис.2,б) и представляет собой операционный усилитель в режиме инвертирования. Инвертированные импульсы подаются на вход ЭП1. Эмиттерные повторители усиливают сигнал по мощности. В течение периода выходного напряжения с выхода формирующего устройства через Δ = 30 эл.градусов снимается I2 импульсов. Минимальная длительность угла перерыва $\varphi_п$ составляет в рассматриваемой системе 30 эл.градусов.

С выхода БПСН импульсы поступают на вход блока триггеров режима БТР, который обеспечивает пространственное распределение импульсов БПСН. Состоит БТР из триггеров, задающих выпрямительный ($Тр_{В1}$–$Тр_{В6}$) и инверторный ($Тр_{И1}$–$Тр_{И6}$) режимы работы силовых вентилей. Длительность и фаза этих режимов определяются координатой распайки входов триггеров по выходам БПСН. С выхода БТР импульсы поступают на входы распределительного устройства РУ (см. рис.I), которое состоит из смесительных устройств выпрямительного ($СУ_{В1}$–$СУ_{В6}$) и инверторного ($СУ_{И1}$–$СУ_{И6}$) режимов. Каждое СУ содержит ключевую схему, состоящую из составного триода на транзисторах П16 и П403. Смесительное устройство подает отпирающие импульсы на тиристоры силовых групп через импульсный трансформатор, в котором "смешиваются" импульсы частоты питающей сети и выходной частоты преобразователя.

Построение системы управления ТНПЧ с уравнительными реакторами при использовании его в системе векторного подчиненного регулирования отличается следующими особенностями: I) отпадает необходимость в формирующем устройстве, поскольку с выхода БФРР требуется снимать трехфазную систему синусоидальных напряжений, а эту функцию выполняет преобразователь фаз ПФ; 2) из-за специфики формирования $U_{вых}$ нет необходимости вычислять амплитуду $|U_з|$ сигналов U_α^* и U_β^*, поэтому становятся ненужными блоки выделения модуля и деления и на вход ПФ подаются непосредственно напряжения U_α^* и U_β^*. С выхода ПФ снимается трехфазная система синусоидальных напряжений U_A^*, U_B^*, U_C^*, которая несет информацию о частоте, величине, фазе и форме $U_{вых}$. Эти напряжения поступают на фазосмещающее устройство и воспроизводятся силовым блоком ТНПЧ.

В ТНПЧ-ПК $U_{вых}$ формируется не только естественным, но и принудительным выключением силовых групп вентилей. Рассмотрим на примере ТНПЧ-ПК [I] построение системы управления преобразователем при наличии синусоидальных входных сигналов (рис.3,а). Канал регулирования частоты состоит из блока формирования режимов работы БФРР и блока формирования коммутирующих импульсов БФКИ. Канал регулирования напряжения содержит фазосмещающее устройство ФСУ и формирователь импульсов ФИ выпрямительного режима. Система функционирует следующим образом.

На вход БФРР из БД поступают сигналы переменного тока U_α^*, U_β^* в виде двухфазной системы синусоидальных напряжений с единичной амплитудой, сдвинутых друг относительно друга на 90 эл.градусов и задающих выходную частоту и фазу преобразователя. Эти сигналы БФРР преобразует в импульсы, соответствующие промежуткам включения групп силовых тиристоров по диаграмме увеличения. БФКИ формирует импульсы управления, поступающие на зарядные и разрядные вентили коммутирующего устройства КУ. На вход канала напряжения поступает сигнал $|U_з|$ с БВМ, который задает значения $U_{вых}$ преобразователя. Этот сигнал ФСУ и ФИ выпрямительного режима преобразуют в импульсы управления, поступающие на силовой блок через распределительное устройство РУ. Импульсы управления распределяются в РУ на силовые вентили в соответствии с импульсами, поступающими с выхода БФРР. Формируемые ФСУ и ФИ инверторного режима импульсы управления поступают на вентили обратного тиристорного моста ОТМ. В системе управления преобразователем использовался ФСУ и ФИ электромагнитного типа [3]. С выхода ФИ импульсы управления шириной I20 эл.градусов относительно питающей сети поступают через РУ на первичную обмотку импульсных сеточных трансформаторов.

Блок формирования режимов работы состоит из преобразователя фаз ПФ и формирующего устройства ФУ. Преобразователь фаз формирует из напряжений $U_\alpha^{**}, U_\beta^{**}$ систему напряжений U_A^*, U_B^*, U_C^*. В ФУ входят блоки согласующего устройства БСУ и формирования стробов БФС. Согласующее устройство, которое содержит три инвертирующих операционных усилителя и шесть эмиттерных повторителей, позволяет получить из трехфазной системы синусоидальных напряжений две системы выпрямленных трехфазных напряжений (рис.4), сдвинутых на I80 эл.градусов. Блок формирования стробов представляет собой вентильный коммутатор [3], принцип действия которого осно-

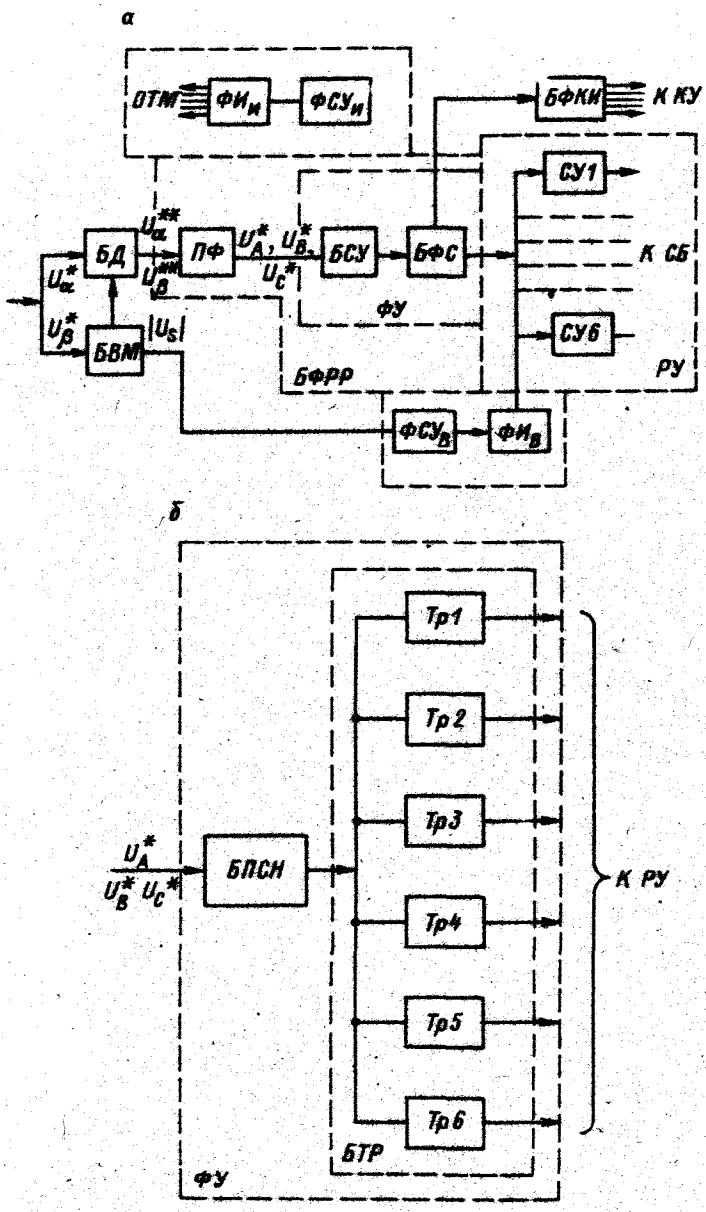


Рис.3. Функциональные схемы системы управления ТНПЧ-ПК при блочном векторном регулировании: а – каналы частоты и напряжения; б – формирующее устройство

ван на использовании естественных коммутационных свойств трехфазных нулевых схем. Каждая такая схема формирует стробы управления шириной 120 эл.градусов, задающие продолжительность работы силовых групп тиристоров в выпрямительном режиме. При этом угол перерыва $\varphi_п$ составляет 60 эл.градусов.

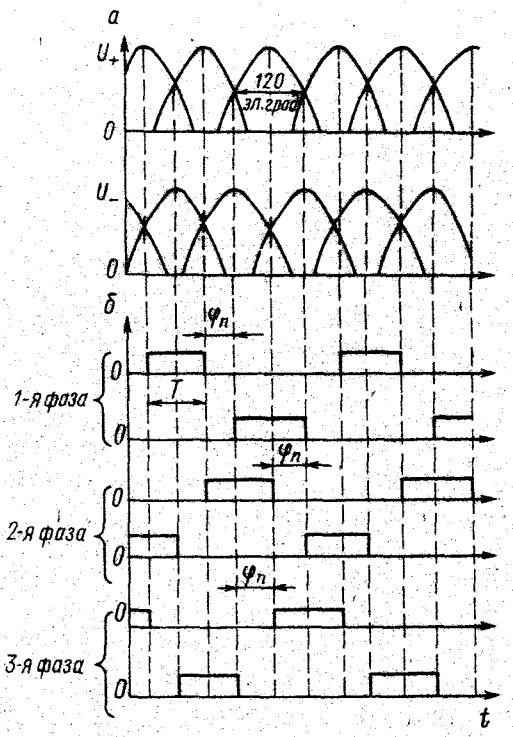


Рис.4. Диаграммы формирования стробов управления ТНПЧ-ПК

Импульсы управления распределяются на силовые тиристоры преобразователя РУ системы управления, которое состоит из шести смесительных узлов соответственно режимам работы тиристоров силового блока преобразователя. Каждое смесительное устройство содержит ключевую схему, состоящую из составного триода. На вход ключевой схемы поступает строб управления с БФРР для формирования сигнала, соответствующего заданной продолжительности работы групп силовых вентилей.

Блок формирования коммутирующих импульсов состоит из шести ячеек, аналогичных смесительным устройствам РУ. Каждая ячейка содержит составной триод, дифференцирующий импульсный трансформатор и подсоединена к входу одного из смесительных устройств. Импульс, равный по длительности времени T работы силовых тиристоров в течение периода $U_{вых}$, дифференцируется, и результирующие импульсы поступают на управляющие электроды зарядных и разрядных тиристоров коммутирующего устройства.

В рассматриваемой системе управления ФУ непосредственно формирует из синусоидальных напряжений стробы управления, соответствующие длительности работы силовых групп тиристоров. В схеме ФУ, приведенной на рис.3,б, сначала синусоидальные напряжения преобразуются в импульсы управления, соответствующие точкам перехода синусоидального напряжения через нуль, а затем уже формируются стробы управления, соответствующие длительности работы силовых тиристоров. Блок преобразования синусоидальных напряжений БПСН (см. рис.2,а) преобразует трехфазную систему напряжений U_A^*, U_B^*, U_C^* в систему импульсов, следующих через 30 эл.градусов. Это позволяет через 30 эл.градусов изменять длительность включения силовых тиристоров. Минимальная длительность угла перерыва $\varphi_п$ составляет 30 эл.градусов. С выхода БПСН импульсы поступают на БТР, который содержит триггеры Тр1-Тр6. Каждые два триггера формируют выходное напряжение одной фазы ТНПЧ-ПК. Блок триггеров режима обеспечивает пространственное распределение импульсов БПСН и формирует режимы работы силовых групп тиристоров. Длительность и фаза этих режимов определяются координатой распайки входов триггеров по выходам БПСН. Распределительное устройство построено по тому же принципу, что и для системы управления, приведенной на рис.3,а.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов Ю.П. Тиристорный непосредственный преобразователь частоты с принудительной коммутацией. Изд. ЛДНТП, 1973.

2. Ровинский П.А., Тикан В.А. Вентильные преобразователи частоты без звена постоянного тока. Л., „Наука", 1965.

3. Шипилло В.П. Системы сеточного управления ртутными выпрямителями для автоматических электроприводов. М.-Л., Госэнергоиздат, 1961.