

ЭЛЕКТРОМАШИННЫЙ УСИЛИТЕЛЬ С УПРАВЛЯЕМЫМ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМ КОММУТАТОРОМ

Ш. С. Ройз, Б. Е. Трофименко, А. И. Скороспешкин, М. Л. Костырев,
Э. Ф. Оберган

(Рекомендована научным семинаром кафедр электрических машин
и общей электротехники)

В качестве источников переменного тока регулируемой частоты применяются различные электромашинные, полупроводниковые и машинно-полупроводниковые преобразователи.

Электромашинные преобразователи регулируемой частоты нашли ограниченное применение вследствие присущих им недостатков: большой вес и габариты, тяжелые условия коммутации, ограничивающие диапазон частот, низкий к.п.д., значительная инерционность.

С начала 1960 года для получения переменного тока регулируемой частоты применяются статистические полупроводниковые преобразователи на тиристорах, а также машинно-полупроводниковые агрегаты. Применение последних, особенно в сочетании с бесконтактными генераторами, весьма перспективно для получения стабилизированной частоты высокой точности при переменной скорости вращения вала [1].

Основной недостаток статических полупроводниковых преобразователей, а также машинно-полупроводниковых систем с управляемым полупроводниковым коммутатором (УПК) на выходе состоит в том, что силовые полупроводниковые элементы рассчитываются на полную мощность нагрузки, что существенно усложняет и удорожает установку. Кроме того, непосредственное подключение полупроводниковых приборов к нагрузке снижает надежность: возможны срывы коммутации вентилях при изменении нагрузки, выход их из строя при перегрузках по току, перенапряжениях и др.

Получение хорошей формы кривых тока и напряжения на выходе в достаточно широком диапазоне частот также затруднительно.

Эти недостатки в значительной мере устраняются в машинно-полупроводниковой системе при размещении УПК на входе. Такая система работает как усилитель регулируемой частоты. Описание работы предлагаемого усилителя регулируемой частоты (ЭМУ-Р4) и является предметом настоящей статьи.

Предлагаемый электромашинный усилитель регулируемой частоты (ЭМУ-Р4) состоит из асинхронного генератора (обмотки W_2 и W_3 рис. 1), возбуждаемого от источника постоянного тока через УПК и обмотку W_1 . Ротор асинхронного генератора вращается приводным двигателем (например, асинхронным).

Обмотка возбуждения выполняется по типу якорной обмотки машин постоянного тока, отводы от которой подключены не к пластинам коллектора, а к ячейкам УПК. Обмотка управления может быть как замкнутой, так и разрезной, однако с точки зрения лучшего использо-

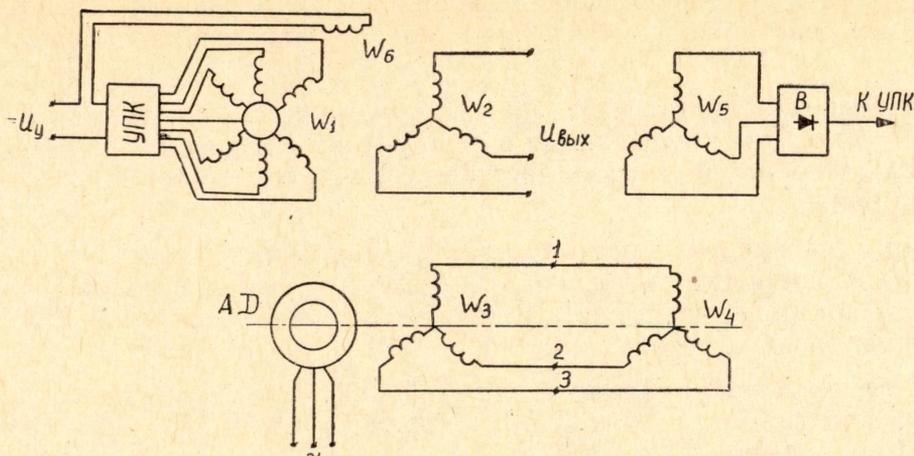


Рис. 1. Принципиальная схема ЭМУ-РЧ

вания установленной мощности УПК целесообразнее многофазная разрезная обмотка. УПК, обеспечивая закономерную последовательность подключения и отключения фаз обмотки управления к постоянному источнику управления, создает в машине вращающийся магнитный поток возбуждения. Поток возбуждения наводит эдс в выходной обмотке W_2 и роторной W_3 .

Изменяя частоту переключений фаз обмотки управления, можно регулировать частоту на выходе усилителя практически от нескольких герц до максимальной частоты, определяемой числом полюсов асинхронного генератора P_1 и скоростью вращения ротора n .

$$f_{\text{вых max}} = P_1 \cdot n. \quad (1)$$

Для обеспечения генераторного режима ротор асинхронного генератора должен вращаться в одном направлении с полем возбуждения, причем скорость ротора должна быть больше.

Работая с отрицательным скольжением, генератор отдает активную мощность, поступающую с вала, в наружку и обмотку возбуждения W_1 , благодаря чему резко снижается мощность управления. При определенном значении скольжения, сопротивления нагрузки и активного сопротивления в цепи ротора может возникнуть самовозбуждение.

Чтобы обеспечить усилительные свойства генератора в широком диапазоне изменения нагрузки, предлагается снабдить его подмагничивающей обмоткой W_6 , намотанной вокруг спинки статора и включенной последовательно в цепь управления. В этом случае при увеличении коэффициента усиления возрастает ток обмоток W_1 и W_6 , спинка генератора насыщается, и самовозбуждения не возникает.

Асинхронный генератор усиливает лишь основную гармонику напряжения. За счет этого, а также применяя соответствующее укорочение обмоток и соединение фаз, можно без специальных фильтров обеспечить хорошую форму напряжения и тока на выходе во всем диапазоне частот работы усилителя.

Известно, что для получения максимальной мощности от асинхронного генератора необходимо по мере увеличения его скольжения увеличивать активное сопротивление цепи ротора. Поэтому диапазон скольжений генератора, а значит, и рабочий диапазон частот усилителя, в котором генератор дает достаточно большое усиление (не менее 10—20), существенно зависит от конструкции ротора.

Применение обычного короткозамкнутого ротора дает очень узкий диапазон частот 1:(1,1—1,15). Применяя ротор с глубокими пазами, ротор Шенфера, фазный ротор с вынесенными индукционными сопротивлениями конструкции Розова, можно увеличивать рабочий диапазон до

1:(2—5) [2]. Увеличение сопротивления ротора с ростом скольжения в данных конструкциях обеспечивается за счет явления вытеснения тока.

Основной недостаток указанных конструкций состоит в том, что потери скольжения выделяются в цепи ротора и идут на нагрев машины, что снижает к.п.д. на низких частотах и приводит к увеличению габаритов машины.

Для устранения этого недостатка предлагается выполнять ротор фазным и мощность скольжения из ротора через контактные кольца (1, 2, 3) подать на вход УПК, что дает увеличение усиления ЭМУ-РЧ и повышает к.п.д. агрегата.

В бесконтактном варианте для этой цели используется дополнительный каскад (обмотки W_4 и W_5), статорная обмотка W_5 через выпрямитель В подключена на вход УПК.

Число пар полюсов дополнительного каскада P_2 отличается от числа пар полюсов генератора P_1 , что позволяет совместить их в одном магнитопроводе.

Если поле обмотки W_4 вращается согласно с ротором и дополнительный каскад работает в двигательном режиме, то часть энергии скольжения генератора возвращается на вал, а часть энергии поступает на вход УПК.

Если поле обмотки W_4 вращается встречно с ротором и дополнительный каскад работает в режиме асинхронного преобразователя частоты, энергия скольжения, усиленная дополнительным каскадом, поступает на вход УПК.

По схеме (рис. 1) был изготовлен и испытан опытный образец (рис. 2) на мощность 800 вт и диапазон частот 30—170 гц [4].

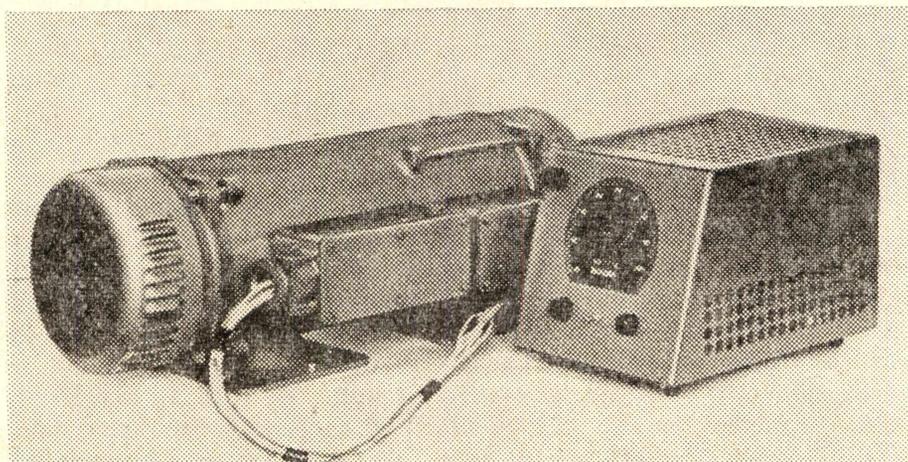


Рис. 2. Общий вид ЭМУ-РЧ с УПК

Таким образом, предложенный ЭМУ-РЧ с УПК на входе, обладая высоким быстродействием, гибкостью регулирования по частоте и напряжению, хорошей формой выходного напряжения и тока, надежностью, отвечает современным требованиям и может быть использован в автоматизированном электроприводе.

Вместе с тем благодаря усилительным свойствам асинхронного генератора существенно снижается, по сравнению со статическими преобразователями регулируемой частоты, установленная мощность силовых элементов УПК, повышается их эксплуатационная надежность.

Предлагаемая схема ЭМУ-РЧ с УПК может быть использована для получения стабилизированной частоты высокой точности при наличии первичного двигателя, вращающегося с переменной скоростью.

ЛИТЕРАТУРА

1. К. Е. Левитин, А. Д. Меламед. Преобразование и стабилизация частоты. ЦИНТИ, 1962.
2. М. М. Бойчук, Ю. В. Костенко. Бесконтактные схемы автоматического управления двигателями. Киев, 1967.
3. Э. Ф. Оберган, А. И. Скороспешкин, М. Л. Костырев, Ш. С. Ройз. Бесконтактный электромашинный усилитель регулируемой частоты. Заявка 124503/24-7.
4. Ш. С. Ройз, Б. Е. Трофименко, А. И. Скороспешкин. Экспериментальное исследование основных характеристик электромашинного усилителя с управляемым полупроводниковым коммутатором. Изв. ТПИ, Том. 212, 1969.