

Построение схемы управления питанием электродвигателей

Вячеслав Кузин

В настоящее время получили большое распространение электронные схемы питания электродвигателей различного назначения. Фирмы, торгующие на российском рынке электродвигателями, предлагают попутно к ним электронные схемы управления зарубежного производства. На покупателя в этом случае возлагаются все проблемы эксплуатации такого оборудования при управлении серийно выпускаемыми двигателями, что не всегда позволяет полностью реализовать возможности электронного управления силовым приводом.

Попытки построить электронные схемы управления электродвигателями предпринимались еще в 50–60-х годах прошлого века сразу после начала массового производства транзисторов средней и большой мощности. Но широкого применения они не получили по причине отсутствия тогда достаточно совершенных процессоров для программной реализации алгоритма управления. Да и характеристики тогдашних транзисторов оставляли желать лучшего. Постепенно, с развитием полупроводниковой техники и технологий микроэлектроники, эти преграды перестали существовать. Однако, несмотря на появление новых мощных полевых транзисторов, изготавливаемых по технологии MOSFET, и гибридных транзисторов IGBT, схема окончательного силового каскада практически не изменилась. Сегодня ведущие производители этой техники производят ее именно по такой схеме (рис. 1). Более того, в [1], изданной в 2006 г. и рекомендованной для студентов высших учебных заведений и специалистов, работающих в области электротехнических комплексов и систем, рассматривается

именно это техническое решение. Нет никаких сомнений, что рассматриваемая схема работоспособна, но она обладает рядом недостатков.

Схема электрически не симметрична. Нижние транзисторы по отношению к нагрузке включены по схеме с общим эмиттером. Включаются они сравнительно небольшим потенциалом относительно нулевого потенциала нижней шины и выключаются подачей этого потенциала на затвор. Работают при этом всегда в ключевом режиме насыщения с минимальным проходным сопротивлением. Верхние же транзисторы по отношению к нагрузке включены по схеме с общим коллектором. Для их включения нужен потенциал, сравнимый по величине с напряжением верхней шины, при этом потенциал запирающего транзистора остается равным потенциалу нулевой шины. Кроме того, транзистор, работающий в режиме эмиттерного повторителя, не может переходить в ключевой режим насыщения, если не предусмотреть специальных мер. В случае построения инверторов напряжения для питания электродвигателей практикуют применение специальной вольтодобавки к управляющему напряжению включения верхнего транзистора к потенциалу верхней шины. Большая величина напряжения в цепи управления верхними транзисторами в значительной степени усложняет схему блока управления транзисторами. Проблемы такой схемы включения довольно полно изложены в [2], где показано, что для управления нижним и верхним транзисторами необходимо применение драйверов различной схемной реализации. Нижний драйвер решает довольно простую задачу включения транзистора управляющим сигналом небольшого напряжения относительно потенциала нижней шины. Драйвер же управления верхним транзистором отличается от нижнего наличием схемы «сдвига уровня» управляющего напряжения и схемой специальной вольтодобавки относительно потенциала верхней шины, которая обеспечивает ему режим насыщения при включении его по схеме эмиттерного повторителя. Это, как отмечалось выше, ведет к существенному усложнению схемы и, в отдельных случаях, делает ее частотно-зависимой от различных режимов работы инвертора напряжения.

Электрическая разность потенциалов между коллекторами (стоками) верхнего и нижнего транзисторов исключает возможность «попарного» построения систем отвода избыточного тепла, что приводит к усложнению конструкции выходных каскадов и каскадов предварительного усиления при построении

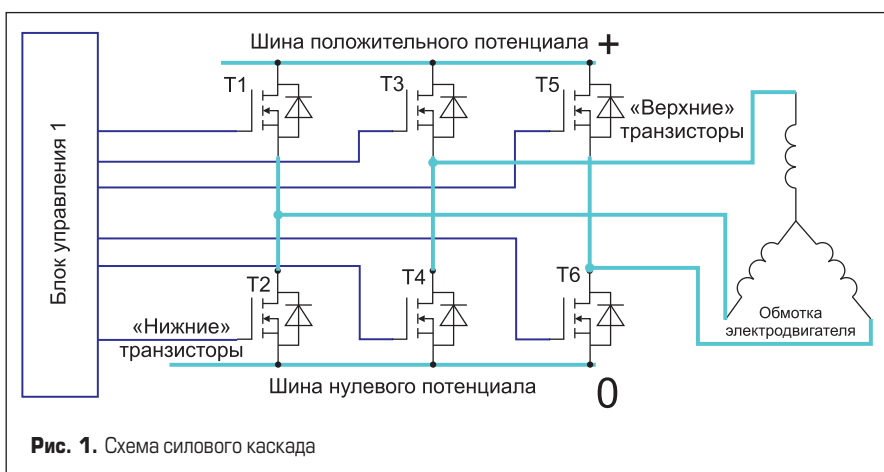


Рис. 1. Схема силового каскада

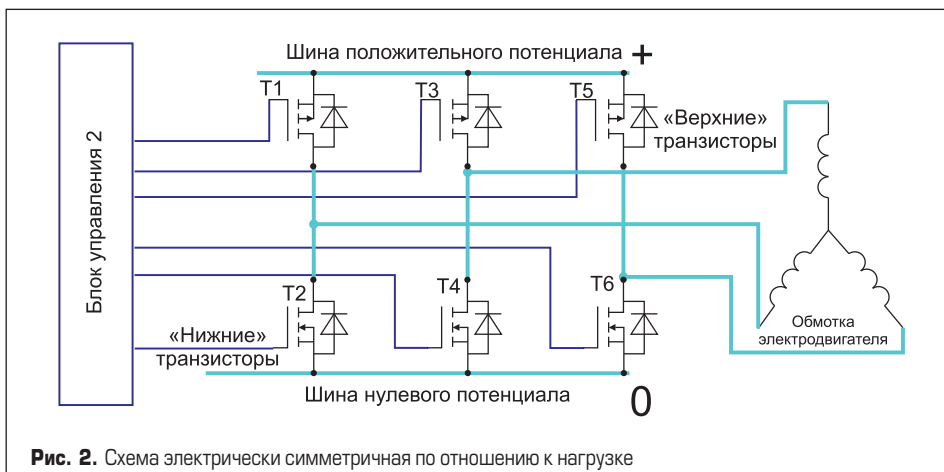


Рис. 2. Схема электрически симметричная по отношению к нагрузке

системы. Для устранения перечисленных недостатков была разработана схема, показанная на рис. 2.

По отношению к нагрузке схема электрически симметрична. Транзисторы управляются небольшими потенциалами относительно шин подключения эмиттеров (истоков). Поэтому для управления не требуется усложненных верхних драйверов управления. Все транзисторы управляются простыми нижними драйверами (термин верхние/нижние драйверы и транзисторы употребляется инженерами — разработчиками схемы рис. 1). В данном конкретном случае при практической отработке предлагаемой схемы в блоке управления были применены микросхемы нижних драйверов MIC4421/4422.

Коллекторы (стоки) транзисторов имеют попарно одинаковые электрические потенциалы, что удобно при конструировании системы отвода избыточного тепла. При повышении требуемой мощности питания двигателя предлагаемая схема легко стыкуется с более мощным каскадом, построенным по такой же структуре и выполняющим роль предварительного усилителя, как это делается при построении мощных электронных схем различного назначения. Авторские права на предлагаемую схему защищены патентом на полезную модель № 103257 от 27 марта 2011 г. (приоритет 08 октября 2010 г.).

Рекомендованный в [2] разнос времени включения транзисторов одной фазы при реализации программы управляющим контроллером бывает не всегда эффективным,

так как время «рассасывания» объемного заряда при переходе транзистора из режима насыщения (включения) в режим выключения не постоянно. Оно зависит от:

- напряжения питания;
- выбранного режима работы;
- фаз питающего обмотку двигателя трехфазных векторов.

Учесть все эти факторы программно весьма не просто и сопряжено с дополнительными затратами времени при реализации управляющей программы. Кроме того, в [2] нет упоминаний о возможных сбоях в контроллере, приводящих к одновременному включению транзисторов одной фазы. Поэтому для решения этих проблем была разработана и включена в состав «Блока управления 2» специальная схема, которая запрещает:

- включение второго транзистора фазы, если полностью не отключился предыдущий транзистор этой же фазы;
- прохождение управляющих сигналов «ложных векторов» из-за сбоев в контроллере, которые могут привести к повреждению силовых транзисторов.

При практической отработке выходного каскада заявленной схемы особое внимание уделялось отработке ее динамических характеристик. Высокая степень динамики решает сразу две задачи:

- уменьшение нагрева корпуса транзисторов за счет снижения среднего времени нахождения в активной области включения/выключения;
- возможность применения в качестве приводных механизмов асинхронных электро-

двигателей с повышенной средней частотой питания статорной обмотки, например 400 Гц.

Экономические выгоды от применения такого привода были таковы, что в 60–70-х годах прошлого века на крупных предприятиях шли на установку больших электромеханических преобразователей 50/400 Гц и прокладку отдельных параллельных питающих электросетей. И тем не менее, по утверждению публикаций того времени, эти затраты оправдывались за счет существенного уменьшения их габаритов и веса при равных технических характеристиках с двигателями, работающими на частоте питания 50 Гц. Это обеспечивало значительную экономию материалов при их изготовлении. Их более высокая динамика приводила к упрощению механических редукторов, повышению надежности и снижению стоимости механической части силового привода в целом.

В настоящее время применение такого привода возможно без значительной части указанных затрат. И если учесть, что сегодняшние схемы могут поддерживать постоянный и достаточно высокий КПД электропривода вне зависимости от нагрузки на валу, то это направление может составить серьезную полезную конкуренцию «ветряным электрическим мельницам» и энергосберегающим осветительным приборам.

С учетом этих информационных доводов и важности динамических параметров, для отработки схемы были выбраны транзисторы американской компании IXYS. В качестве верхних применялись транзисторы IXTT16P60P *p*-канал и IXTH26N60P *n*-канал в качестве нижних.

Справедливости ради следует отметить, что российские компании также не без успеха работают в этом направлении. Единственным сдерживающим банальным фактором является недостаток финансирования, и, как следствие, ограниченность решаемых задач.

Литература

1. Соколовский Г. Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием. М.: ACADEMIA. 2006.
2. Волович Г. Драйверы силовых ключей // Современная электроника. 2007. № 8.