

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ

УДК 621.34.6.017.72:622

В.Г. Каширских

ОХЛАЖДЕНИЕ СИЛОВЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ В РУДНИЧНОМ ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОМ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИИ

Известно, что до 60%рабатываемой в стране электроэнергии потребляется электроприводами промышленных машин и установок, при этом их подавляющая часть – нерегулируемые электроприводы. Переход к регулируемым электроприводам является одним из основных путей не только энергосбережения (до 30%), но и ресурсосбережения, путем ограничения чрезмерных динамических нагрузок в электромеханической системе горных машин и за счет организации рациональных режимов работы.

Условия работы подземных горных и транспортных машин характеризуются резкопеременной случайной нагрузкой, частыми перегрузками и экстренными стопорениями, повторными пусками электроприводов, наличием нелинейных звеньев и рядом других причин, которые обуславливают высокую динамическую нагруженность и преждевременное разрушение элементов машин. По этой причине, например, очистные комбайны не отрабатывают заложенный при проектировании ресурс на 20-40%. Применение регулируемого электропривода для этих условий необходимо и полностью соответствует существующей «Программе технического перевооружения шахт Кузбасса» и современным концепциям дальнейшего развития угольной отрасли [1, 2].

После более чем десятилетнего спада промышленного производства, в настоящее время в России отмечается рост объемов производства, в том

числе в угольной промышленности, где, как и в других отраслях, остройшей является проблема замены изношенного и морально устаревшего оборудования. В новых условиях хозяйствования этот процесс происходит пока слишком медленно. Приобретается, в том числе, и дорогостоящее импортное оборудование по стоимости до 10 раз превышающей стоимость отечественного оборудования того же класса [1].

Чтобы исключить импортозависимость, нам необходимо разрабатывать и выпускать в достаточном количестве свои горные машины, соответствующие современному техническому уровню и являющиеся конкурентоспособными. Они должны базироваться на использовании регулируемого электропривода на основе силовых полупроводниковых преобразователей, преимущества которого перед нерегулируемым в настоящее время очевидны, однако широкого распространения в составе горных и транспортных машин для подземных условий угольных шахт он не получил по ряду причин. Одной из главных, по нашему мнению, является проблема эффективного охлаждения силовых полупроводниковых приборов (СПП), размещенных в замкнутом объеме взрывонепроницаемой оболочки.

Наличие в окружающей среде взрывоопасных газов и угольной пыли, агрессивных компонентов и высокой влажности, частые перемещения электрооборудования или его

размещение на подвижных объектах с высоким уровнем ударных и вибрационных нагрузок – все эти и другие факторы предъявляют жесткие требования к конструктивному исполнению взрывозащищенных преобразователей, которое во многом определяется именно системой охлаждения СПП.

Применение систем охлаждения, используемых в электрооборудовании общепромышленного назначения, в данном случае неприемлемо из-за низкой эффективности отвода тепла из замкнутого объема оболочки или несоответствия требованиям нормативных документов к рудничному взрывозащищенному электрооборудованию. Для этих условий необходимы специальные высокоеффективные системы охлаждения СПП.

Потребность предприятий России в различных СПП на токи от 10 до 6300 А напряжением до 6000 В может удовлетворить ОАО «Электровыпрямитель» (г. Саранск), являющийся пока монополистом в этой области [3]. Здесь выпускаются высококачественные СПП всех типов, производившиеся ранее в СССР, а также новые поколения СПП (IGBT, GTO и др.). В последние годы темпы прироста объемов производства в этой отрасли составляют 20% и более.

Кроме того, в Сибирском регионе разработана на длительную перспективу региональная межотраслевая программа «Силовая электрика Сибири» [4], включающая в себя

проекты по развитию производств материалов, приборов и систем силовой электроники. Этой программой предусмотрен широкий спектр мероприятий, в том числе выпуск преобразователей частоты для общепромышленных электроприводов мощностью до 350 кВт и пусковых устройств для асинхронных электродвигателей, которые необходимы для электроприводов горных машин и могут быть адаптированы к использованию в подземных условиях угольных шахт.

На кафедре электропривода и автоматизации КузГТУ проведен комплекс исследований, на основании которого разработаны системы кондуктивного, водяного и испарительного охлаждения СПП для рудничного взрывозащищенного электроботорудования.

В качестве основного теплоотводящего элемента для кондуктивной системы охлаждения используется сама взрывонепроницаемая оболочка, выполняющая функции непосредственного теплоотвода. При этом СПП располагается на плоском медном радиаторе, который прижимается к внутренней части плоской стенки оболочки с помощью специального устройства через теплопереход. Внешняя поверхность стенки оболочки в этом случае может охлаждаться различным образом.

Теплопереход выполняет функции электроизолирующего элемента и должен обладать соответствующей дугостойкостью и высокой теплопроводностью. Совместно с ВостНИИ нами были проведены испытания различных материалов для этих целей. Наилучшие результаты были получены при использовании эпоксидных компаундов, наполненных пылью кварца или алюминоксида, в то время как различные плёночные теплопереходы оказались не дугостойкими. Для упрощения технологии при сборке преобразователя, теплопереходы могут

изготавливаться отдельно в виде дисков или пластин из компаундов или алюминоксида.

Для кондуктивной системы охлаждения нами была разработана методика теплового расчёта для одиночного СПП и группы СПП с учётом их теплового взаимодействия через металлические стенки оболочки при различной интенсивности охлаждения ее наружной поверхности, а также через воздух внутреннего объема оболочки. Методика позволяет определять схему размещения СПП на поверхности стенки, обеспечивающую допустимые температуры СПП при задании тепловых мощностей, рассеиваемых в каждом СПП, и параметров тепловой модели системы охлаждения: тепловых сопротивлений, коэффициентов теплоотдачи, размеров отдельных элементов и др.

Проверка методики была произведена на специальном макете, представляющем собой взрывонепроницаемую оболочку с различными схемами размещения СПП и при различной интенсивности охлаждения внешних теплоотводящих стенок оболочки. Расхождения между расчётом и экспериментом не превысили 10%. При этом допустимая нагрузка по току, например для вентиляй ВКД-200 при их благоприятном размещении, в длительном режиме работы составила:

- естественное воздушное охлаждение гладкой внешней поверхности оболочки с коэффициентом теплопередачи $\alpha \approx 10 \text{ Вт}/\text{м}^2\text{град} - 0,52I_h$;
- принудительное воздушное охлаждение гладкой поверхности оболочки ($\alpha \approx 50 \text{ Вт}/\text{м}^2\text{град}$ при $V_B = 3 \text{ м}/\text{с} - 0,68 I_h$);
- принудительное воздушное охлаждение оребрённой поверхности оболочки ($\alpha \approx 125 \text{ Вт}/\text{м}^2\text{град}$ при $V_B = 3 \text{ м}/\text{с} - 0,85 I_h$);
- принудительное водяное охлаждение гладкой поверхности оболочки ($\alpha \approx 2100 \text{ Вт}/\text{м}^2\text{град}$ при $V_B = 3 \text{ м}/\text{с} - 1,0 I_h$).

$\text{Вт}/\text{м}^2\text{град}$ при $Q_B = 5 \text{ л}/\text{мин}$ и температуре воды 20°C) – $1,0 I_h$.

Здесь I_h – номинальное значение тока в соответствии с паспортом СПП.

Достаточно высокую эффективность и надежность кондуктивной системы охлаждения СПП, заключенных в рудничную взрывонепроницаемую оболочку, подтвердили успешные испытания в условиях шахты им. С.М. Кирова в Кузбассе специального тиристорного преобразователя, разработанного и изготовленного на кафедре электропривода и автоматизации КузГТУ для управления рудничными электроприводами 8АРП-900 и 13АРП-900 с целью плавного бесконтактного и экономичного регулирования тягового и тормозного токов.

Наибольшая эффективность теплоотвода была нами достигнута при использовании испарительного охлаждения СПП. Было разработано несколько вариантов конструкции, из которых к практическому использованию в рудничном взрывозащищенном электроботорудовании можно рекомендовать модуль с трехфазной мостовой схемой соединения таблеточных СПП на основе индивидуальных охладителей-термосифонов и общим для них конденсатором, который передает тепло плоской стенке оболочки, охлаждаемой снаружи технической водой.

Параметры режима теплоотдачи зависят от многих факторов, в том числе и от выбора хладоагента испарительной системы. Для этих целей нами были использованы кремнийорганическая и фторорганическая жидкости, а также дистиллированная вода, обладающая наибольшей теплоемкостью, стабильностью характеристик и низкой стоимостью.

При проведении тепловых испытаний этого модуля с использованием дистиллированной воды было обеспечено отведение тепловой мощности 4,2

кВт в длительном режиме. При этом наибольшая температура корпусов СПП составила 105 – 108 °С. Полученный результат не является предельным по теплопередаче для данного модуля, а определялся лишь мощно-

стью лабораторной установки.

Результаты испытаний разработанных систем охлаждения СПП подтверждают возможность создания высокоеффективных силовых полупроводниковых преобразователей в руд-

ничном взрывобезопасном исполнении для регулируемых электроприводов горных и транспортных машин, а конкретная разработка может быть нами выполнена по техническому заданию заказчика.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мазикин В.П., Вылегжанин В.Н.* Новая концепция перспективных направлений создания комплексной механизации ШНТУ для освоения Восточного Кузбасса// Материалы международной конф. «Динамика и прочность горных машин», ИГД СОРАН, Новосибирск, 2001.-С. 9-13.
2. *Разумняк Н.Л., Мышилев Б.К.* Пути создания высокоеффективных технологических схем угледобычи// Материалы международной конф. «Динамика и прочность горных машин», ИГД СОРАН, Новосибирск, 2001.-С. 13-25.
3. *Чибиркин В.В., Елисеев В.В., Гейфман Е.М., Епишкин А.Н.* Разработка и производство силовых полупроводниковых приборов на ОАО «Электровыпрямитель»// Вестник Уральского государственного технического университета – УПИ «Электромеханические и электромагнитные преобразователи энергии и управляемые электромеханические системы», часть 1, Екатеринбург, 2003.-С. 315-318.
4. *Кузнецов Ф.А., Резниченко М.Ф., Асеев А.Л. и др.* Региональная межотраслевая программа «Силовая электроника Сибири»// Вестник Уральского государственного технического университета – УПИ «Электромеханические и электромагнитные преобразователи энергии и управляемые электромеханические системы», часть 1, Екатеринбург, 2003.-С. 281-285.

□ Авторы статьи:

Каширских

Вениамин Георгиевич

- канд. техн. наук, доц., зав. каф.
электропривода и автоматизации

УДК 658.567.1:621.311.031.004.18

П. Д. Гаврилов, Е. А Лир, А. А. Неверов

ПРОБЛЕМА РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

О проблеме энерго- и ресурсосбережения говорят уже давно и довольно много. И, тем не менее, эта проблема и по сей день остается одной из наиболее актуальных. Достаточно указать, что в настоящее время эффективность использования энергоресурсов у России не превышает 30% [1, 2], и это при том, что, по оценкам Международного энергетического агентства, подтвержденных мировых запасов хватит:

- нефти – на 40-60 лет,
- газа – на 60-80 лет,
- угля – на 200-250 лет,
- урана 235 – на 50-100 лет.

Так как две трети электроэнергии, выработанной на электростанциях, преобразуется различными электроприводами

в механическую энергию [3], и учитывая, что в народном хозяйстве России, по данным Главгосэнергонадзора, почти 60% излишнего энергопотребления приходится на асинхронные электродвигатели, у которых требуется регулирование частоты вращения [4], то, наконец, и в России с чрезмерно большим опозданием (в середине 90-х г.г.) осознали опасность большой энергоемкости ВВП. На Западе это осознали в середине 70-х г.г.

Дело в том, что лишнее необоснованное энергопотребление электроприводов должно компенсироваться электростанциями (преимущественно тепловыми). Следовательно, возникают дополнительные потери,

пропорциональные лишней энергии, в ЛЭП, трансформаторах, котлах, турбинах, электрогенераторах, тягодутьевом, топливо- и водоснабжающем оборудовании. Это вынуждает расходовать на каждый полезно используемый кВт в электроприводе дополнительно чрезмерно большое количество топлива.

В [4] написано: «Недооценка энергосбережения уменьшила до критического уровня надежность энергоснабжения России, а продолжающийся рост энергоемкости ВВП, без принятия экстренных мер по энергосбережению вызовет серьезные негативные последствия для всей экономики страны в целом.

... В качестве первоочеред-