

УДК 62-83:621.313.2; 621.314.5

П.А.Борисов (5 курс, каф. ЭиПЭМС, СПбГИТМО (ТУ)),
В.С. Томасов, к.т.н., доц. СПбГИТМО (ТУ)

РАСЧЕТ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПРОЦЕССОВ В СИЛОВОЙ ЦЕПИ ЗАМКНУТОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА С ШИП

Широкое внедрение импульсных усилителей во всех отраслях промышленности, сельского хозяйства и особенно на транспорте, заставляет обратить особое внимание на вопросы энергетической и электромагнитной совместимости разрабатываемых устройств с первичными источниками питания различного типа.

Реализация в замкнутых системах электропривода, построенных на базе ШИП, эффективных тормозных режимов накладывает дополнительные требования к выбору состава оборудования энергоподсистемы и определению электромагнитных нагрузок на ее элементах.

Поэтому вопрос согласования системы энергоснабжения с импульсным характером потребления и возврата энергии электрической машиной через транзисторный ШИП является актуальным.

Темой данной работы является исследование условий работы энергоподсистемы на базе первичных обратимых источников питания транзисторных ШИП, работающих в замкнутых системах электропривода постоянного тока и разработка методики их расчета и проектирования.

Разрабатываемая методика требует решения следующих задач:

- исследование и расчет токовых возмущений, воздействующих на первичный обратимый источник питания транзисторного ШИП при гармоническом сигнале на входе замкнутой системы электропривода;
- расчет и анализ частотных характеристик первичного источника питания совместно с элементами силового фильтра;
- расчет электромагнитных нагрузок на элементы первичного источника питания и элементы силового фильтра.

Определяющее влияние на характер электромагнитных процессов в энергоподсистеме оказывает вид частотной характеристики первичного источника питания совместно с силовым фильтром и спектральный состав тока питания ШИП, зависящий от выбранного закона и способа коммутации силовых транзисторов и от режима работы ДПТ и его нагрузки.

Требования к амплитудно-частотной характеристике (АЧХ) входной проводимости формулируются из условия ограничения пульсаций на выходном конденсаторе.

В области высоких частот коммутации транзисторных ключей ШИП реакция силового фильтра и первичного источника питания имеет чисто емкостной характер и АЧХ совпадает с АЧХ проводимости выходного конденсатора. Это позволяет при расчете высокочастотных пульсаций напряжения учитывать только проводимость конденсатора и определить минимально возможную емкость конденсатора поперечной ветви силового фильтра (рис. 1).

В области низкочастотных колебаний, характерных для электромеханических процессов в системе, величина проводимости $Y_{вх}(j\omega)$ зависит от параметров всех ветвей первичного источника питания и фильтра. При этом желательно, чтобы $Y_{вх}(j\omega)$ во всем спектре частот тока питания ШИП была монотонна и стремилась к значению $Y_{вх}(0)$.

В работе рассматриваются электромагнитные нагрузки в энергоподсистеме, обусловленные электромеханическими процессами в замкнутой системе электропривода постоянного тока, при гармоническом изменении входного сигнала с выходом в режим ограничения тока якоря ДПТ, как наиболее тяжелого режима работы.

Для определения электромагнитных нагрузок на элементы энергоподсистемы в докладе подробно рассмотрен процесс реверса в системе с токоограничением. Из основных уравнений ДПТ найдены законы изменения $U_{\text{яcp}}(t)$ на интервалах торможения и разгона, позволяющие установить соответствующие законы изменения относительной продолжительности включения цепи якоря в цепь источника питания $\gamma(t)$.

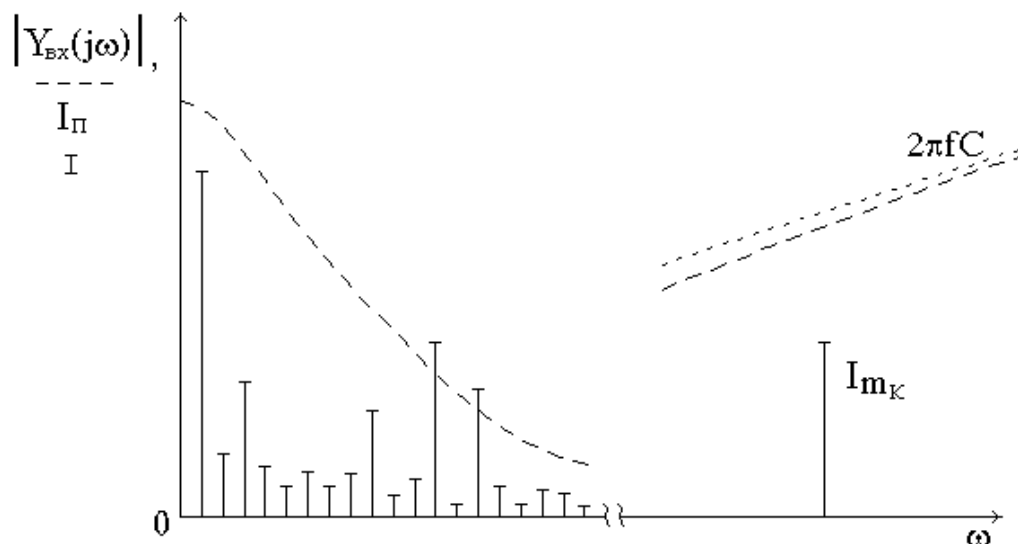


Рис. 1. АЧХ входной проводимости первичного источника питания совместно с силовым фильтром и спектральный состав тока питания ШИП

Для анализа электромагнитных процессов в энергоподсистеме ШИП-ДПТ при питании ее от обратимого источника энергии токовое возмущение $i_{\text{ncp}}(t)$ удобно представить в виде разложения в ряд Фурье. Коэффициенты ряда выражаются через параметры токового возмущения, которые определяются параметрами машины.

Таким образом, определяется спектр тока питания в энергоподсистеме ШИП-ДПТ в режиме токоограничения для различных типов электрических машин, параметров входного воздействия и момента сопротивления на валу.

Из анализа АЧХ входной проводимости первичного источника питания совместно с силовым фильтром видно, что АЧХ имеет экстремум на частоте резонанса. Это приводит к провалу АЧХ на этой частоте и при совпадении частоты эквивалентного токового возмущения с резонансной частотой к опасным перенапряжениям в энергоподсистеме.

Возможна корректировка частотной характеристики источника питания одной или более корректирующими цепями, имеющими обратные частотные характеристики.

Вывод. Располагая полученными выражениями для эквивалентных токовых возмущений в различных режимах работы системы электропривода и частотными характеристиками обратимого источника питания можно рассчитать электромагнитные нагрузки в системе. На основе вышеизложенной методики осуществлено моделирование системы в пакете Mathcad.