

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОКАТНЫХ СТАНОВ БЕЗ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ*

Лукин А.А.

Научный руководитель – доцент Храмшин В.Р.

*Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова*

Электроприводы клетей прокатных станов являются наиболее энергоемкими потребителями электрической энергии металлургических предприятий. Достаточно отметить, что установленная мощность электрооборудования широкополосного стана 2000 горячей прокатки ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (ОАО «ММК») составляет 362 МВА. Годовое потребление электроэнергии листопрокатным цехом № 10 (ЛПЦ-10), где расположен стан 2000, превышает 390 млн. кВт·ч. Установленная мощность электроприводов (ЭП) клетей составляет 139 МВт, в том числе более 96 МВт (26,6%) приходится на долю главных ЭП чистовой группы. Единичная мощность электроприводов клетей достигает 16 МВт, а их энергетические показатели далеки от оптимальных. По оценкам специалистов превышение потерь над минимально возможными составляет 200–250%. Отсюда следует, что использование резервов экономии электрической энергии в столь мощных потребителях является актуальной и остро востребованной задачей.

Большая часть потерь электрической энергии связана с потреблением реактивной мощности, вызванным фазовым регулированием напряжения. Электроприводы клетей, как правило, выполняются с двухзонным регулированием скорости (ДЗРС). К ним предъявляются жесткие требования в отношении быстродействия и надежности при отработке ударного приложения нагрузки, возникающего при захвате металла валками, а также в режиме разгона под нагрузкой при прокатке с ускорением. Данные требования выполняются, если динамический запас системы регулирования, и в первую очередь запас выпрямленной ЭДС тиристорного преобразователя (ТП), будут обеспечены в названных динамических режимах. Дополнительное увеличение запаса обеспечивает повышение надежности ЭП, однако приводит к ухудшению энергетических показателей за счет увеличения потребления реактивной мощности, зависящей от степени регулирования выпрямленной ЭДС.

Приобретение и установка дорогостоящих регулируемых компенсирующих устройств в условиях ОАО «ММК» и других металлургических предприятий является практически неразрешимой задачей. Такие устройства отечественной промышленностью в настоящее время не выпускаются. В связи с этим поставлена задача добиться снижения энергопотребления за счет совершенствования алгоритмов и схемотехнических решений в системах управления действующих электроприводов без приобретения дополнительного оборудования.

При разработке новых алгоритмов и систем управления, наряду со снижением энергопотребления, во главу угла ставятся вопросы сохранения высоких динамических характеристик и показателей надежности электропривода. Любая остановка непрерыв-

* Работа выполнена в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (ГК № 16.740.11.0072)

ной технологической линии, вызванная недостаточным запасом тиристорного преобразователя по напряжению, приводит к неоправданным потерям, составляющим миллионы рублей. В связи с этим вопросы снижения энергопотребления, сохранения высоких динамических характеристик и показателей надежности должны решаться в комплексе.

С целью улучшения энергетических показателей разработана концепция систем двухзонного регулирования, в основу которой положен принцип перераспределения запаса выпрямленной ЭДС тиристорного преобразователя в установившемся и динамических режимах, вызванных изменением нагрузки ЭП. Это позволяет уменьшить величину запаса за счет более рационального его использования.

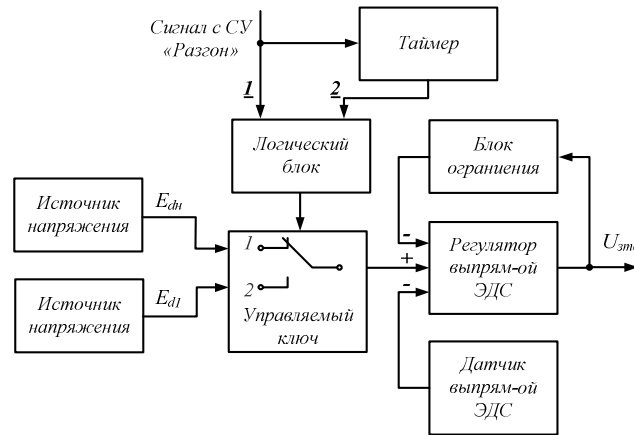
В рамках названной общей концепции предложены способ и система зависимого управления потоком возбуждения в функции выпрямленной ЭДС ТП. Суть способа заключается в том, что задающее воздействие на регулятор внешнего контура в цепи возбуждения формируется пропорциональным номинальной выпрямленной ЭДС. Реализация способа позволяет уменьшить запас выпрямленной ЭДС при относительно плавном изменении нагрузки (для тиристорных ЭП прокатных станов – в режиме разгона под нагрузкой). Применение разработанной системы рекомендуется в ЭП непрерывных и реверсивных станов холодной прокатки, работающих в широком диапазоне изменения нагрузки.

Для ограничения запаса выпрямленной ЭДС ТП при отработке ударного приложения нагрузки разработаны способ и система зависимого управления потоком возбуждения с автоматическим изменением уставки выпрямленной ЭДС, а также системы двухзонного регулирования с переключением координаты, регулируемой по цепи возбуждения.

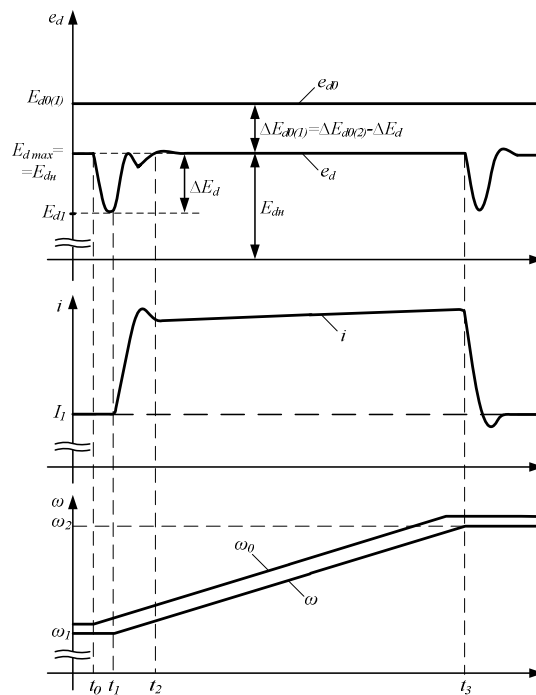
С целью уменьшения запаса выпрямленной ЭДС за счет исключения ее перерегулирования в режиме разгона ЭП под нагрузкой предложен способ управления потоком возбуждения двигателя, согласно которому при появлении сигнала на ускорение электропривода под нагрузкой осуществляется автоматическое снижение заданного значения выпрямленной ЭДС до уровня, обеспечивающего отработку динамического режима разгона без превышения выпрямленной ЭДС номинального значения. После окончания переходного процесса тока двигателя заданное значение выпрямленной ЭДС автоматически повышается до номинального уровня.

Принцип действия системы ДЗРС при подключении дополнительных блоков на вход регулятора ЭДС (рис. 1, а) поясняется с помощью временных диаграмм (рис. 1, б). В установившемся режиме работы под нагрузкой с установившимся током I_1 (до момента t_0 подачи сигнала на ускорение ЭП под нагрузкой) сигнал «Разгон» на входе 1 логического блока отсутствует. За счет этого обеспечивается автоматическое поддержание выпрямленной ЭДС ТП на номинальном уровне $E_{дн}$. При появлении сигнала на входе 1 контакт управляемого ключа переключается во второе положение, соответственно на вход регулятора выпрямленной ЭДС с выхода источника задающего напряжения подается сигнал на снижение выпрямленной ЭДС ТП на величину динамического перерегулирования при разгоне. В результате в промежутке времени $t_0 \div t_1$ выпрямленная ЭДС снижается до уровня $E_{д1}$. Одновременно в момент времени t_0 подается сигнал на включение таймера, который по окончании заданного времени отсчета подает сигнал на отключение логического блока. В результате контакт управляемого ключа переключается в исходное положение и на вход регулятора выпрямленной ЭДС подается сигнал $E_{дн}$, соответствующий номинальной выпрямленной ЭДС тиристорного преобразователя. В результате обеспечивается переходный процесс выпрямленной ЭДС e_d ТП без превышения номинального значения. Это позволяет уменьшить вы-

прямленную ЭДС E_{d0} при нулевом угле управления на величину перерегулирования в начальный момент ускорения под нагрузкой, составляющую 15–18% номинальной выпрямленной ЭДС ТП. Запас выпрямленной ЭДС $\Delta E_{d0(1)}$ снижается до минимально возможного значения, которое определяется составляющими на отклонения напряжения сети (до 10%) и безопасное инвертирование реверсивного ТП (до 25% номинальной выпрямленной ЭДС). Это обеспечивает более высокий коэффициент мощности в установившемся режиме работы под нагрузкой и соответственно снижение потерь электрической энергии, связанных с потреблением реактивной мощности.



а



б

Рис. 1. Функциональная схема подключения дополнительных блоков на вход регулятора ЭДС (а) и диаграммы изменения координат электропривода (б)

Разработанная система двухзонного регулирования с переключающейся структурой и автоматическим изменением задания выпрямленной ЭДС внедрена в промыш-

ленную эксплуатацию на стане 2000 ОАО «ММК». На рис. 14 представлены осциллограммы координат ЭП клетки чистовой группы, полученные за цикл прокатки при работе этой системы. Обработка ударного приложения нагрузки и разгон под нагрузкой происходят без превышения выпрямленной ЭДС E_d установившегося значения, равного 900 В. Переходные процессы скорости, тока и потока возбуждения идентичны процессам в действующей системе двухзонного регулирования.

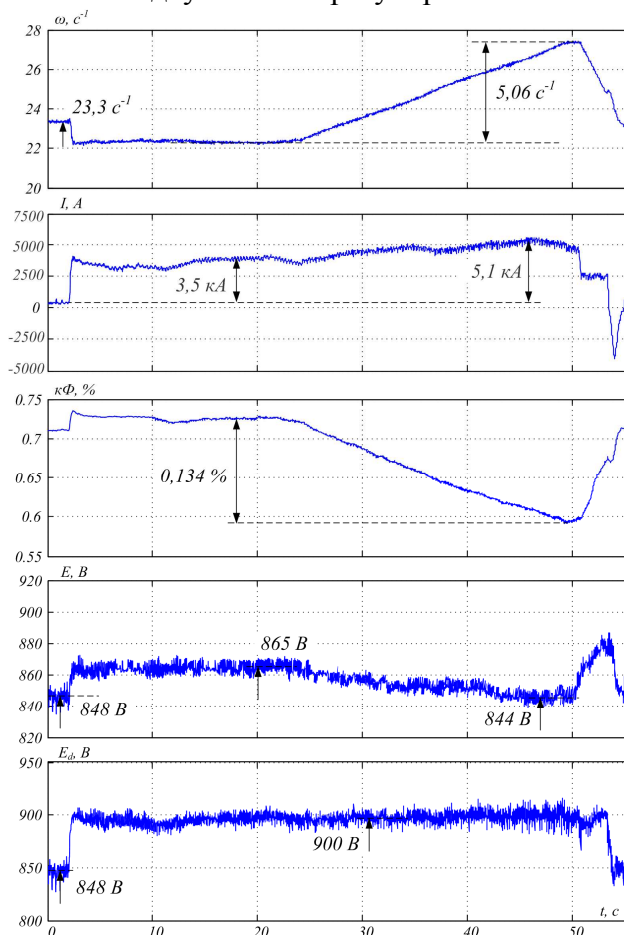


Рис. 14. Переходные процессы координат ЭП за цикл прокатки в разработанной системе ДЗРС с автоматическим изменением задания ЭДС

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования предложенных систем ДЗРС продемонстрировали возможность снижения запаса выпрямленной ЭДС ТП практически без ухудшения динамических показателей и надежности работы электропривода. Снижение потерь электрической энергии позволит снизить потребление реактивной мощности на 15–35% без применения компенсирующих устройств и за счет этого добиться снижения потерь электрической энергии на 12–20%.

Для вновь проектируемых ЭП улучшение энергетических показателей при применении рассмотренных систем ДЗРС обеспечивается за счет рационального выбора вторичного напряжения преобразовательного трансформатора. По сравнению с напряжением, принимаемым в известных электроприводах, его рекомендуется снизить на 10–12%. Это позволяет уменьшить потребление реактивной мощности на 7–12%, т.е. практически без капитальных затрат. Для главных ЭП эксплуатируемых широкополосных станов горячей прокатки аналогичный же эффект может быть обеспечен за счет переключения (либо установки дополнительных) отпаяк вторичных обмоток трансформаторов.