УДК: 621.313.8:621.3.076.7

Д.А.УСТИНОВ
Санкт-Петербургский государственный горный институт (*технический университет*)

МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ С СИНХРОННЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ

Совершенствование систем возбуждения определяется как актуализацией известных требований, так и появлением новых: повышение входного момента, увеличение динамической устойчивости, снижение потерь, обеспечение требований качества электроэнергии сети питания систем возбуждения, групповое управление и регулирование, режим эксплуатации с минимальным уровнем обслуживания. Выполнение этих требований с необходимым уровнем эффективности обеспечивается применением силовых ключей, управляемых напряжением (IGBT, IGCT), и микроконтроллеров. Новая электроника позволяет эксплуатировать оборудование с минимальным уровнем обслуживания, но порождает новую проблему замены комплектующих при длительной послегарантийной эксплуатации. Например, смена поколений микроконтроллеров требует составления и отладки новой программы.

Perfection of systems of excitation is defined both actualization of known requirements, and occurrence new. We shall note the following: increase of the entrance moment, increase in dynamic stability, decrease in losses, maintenance of requirements on quality of the electric power networks of feed, group management and regulation, a mode of operation with a minimum level of service. Performance of these requirements with a necessary level of efficiency is provided with application of the power keys operated by a voltage (IGBT, IGCT) and microcontrollers. New electronics allows to maintain the equipment with a minimum level of service, but generates a new problem of replacement of accessories at long operation. For example, alternation of generations of microcontrollers demands drawing up and debugging of the new program.

Статические системы возбуждения (СВ) укомплектованы в настоящее время в основном возбудителями типов ТЕ8-320, ВТЕ-320. Разработанные около 20 лет назад, возбудители морально устарели, их технические и эксплуатационные характеристики не соответствуют современным требованиям. Устаревшая элементная база управляющих устройств возбудителей является причиной нестабильности коэффициентов регулирования и уставок срабатывания защит, препятствует применению более эффективных законов управления возбуждением [1].

В результате большая часть действующих возбудителей функционирует в «ручном» режиме, а работающие в режиме «автомат» из-за вынужденно широких зон нечувствительности и низких коэффициентов усиления не дают существенного выигрыша по сравнению с ручным режимом работы. Безаварийность работы синхронных двигателей (СД) обеспечивается срабатыванием защит при достижении параметрами двигателя опасных граничных значений, но не предотвращения опасных ситуаций, а за необходимую степень устойчивости работы СД приходится расплачиваться завышенным энергопотреблением и сокращением жизненного цикла эксплуатации двигателя.

С каждым годом все более усугубляется отставание структуры возбудителей от мировых стандартов систем возбуждения, предусматривающих, в частности, обязательное наличие функций регистрации текущего состояния СД, ведения журнала событий, осциллографирования процессов пуска и останова двигателя [2]. Сами возбудители, находящиеся в эксплуатации, по большей части близки к выработке назначенного срока службы. Все это, вместе взя-

тое, ставит задачу обновления парка возбудителей и повышения технико-экономических показателей СД [3].

Преодоление перечисленных недостатков лежит на пути перехода на современную элементную базу, применения микропроцессорной техники, позволяющей реализовать более сложные и эффективные законы управления возбуждением, основанные на большем количестве непосредственно измеряемых и вычисляемых параметров состояния СД, вовлечении в регулирование реактивной мощности, обеспечении статической и динамической устойчивости СД при более низком уровне энергопотребления.

Для реализации возможных вариантов новой системы возбуждения необходима единая концепция их создания, учитывающая современные требования мировых стандартов.

В системах возбуждения старого поколения использовались в основном защиты, действие которых было основано на аналоговой технике. Основным недостатком таких систем является низкая надежность, обусловленная:

- отсутствием автоматического контроля состояния защит;
- разным местом установления аппаратуры;
- отсутствием источника бесперебойного питания;
- зависимостью от квалификации персонала наладки и эксплуатации.

Основным функциональным звеном защит нового поколения является процессор. Действие защит формируется на программном уровне.

При возникновении неисправности подается соответствующий сигнал на блочный щит возбуждения и осуществляется блокировка действия защит (в частности действия на отключение автомата гашения поля). Службе эксплуатации не надо заниматься поиском неисправности защиты и многочасовым «прохлопыванием» рабочей схемы. Защиты подключены к источникам бесперебойного питания. Задание уставок срабатывания защит легко осуществляется через дисплей оператора. При этом отсутствует возможность случайного изменения программы.

Все недостатки систем возбуждения старого поколения переходят в достоинства современных микропроцессорных устройств защиты.

В таблице приведен сравнительный анализ требований, предъявляемых к системам возбуждения старого и нового поколения.

Обобщенная структура базового программного обеспечения (ПО) СВ изображена на рисунке. Как и обычно в состав ПО таких систем входят системные, прикладные и диагностические (тестовые) составляющие. К системным программам относятся управляющая программа и драйверы устройств. Управляющая программа контролирует состояние системы, разрешает или запрещает действия отдельных подсистем и оператора, а также осуществляет приоритетное управление отдельными процессами, их синхронизацию и разделение ресурсов.

В состав системы входят следующие драйверы:

- аналого-цифрового преобразователя QADC;
- преобразователей сигналов частотно-временной группы (периода изменения сигнала и его частоты) TPU, CTM;
- устройств последовательного обмена данными SCI, SPI;
- устройства ввода-вывода дискретных сигналов;
- контроллера FieldBus – CAN;
- часов реального времени;
- пульта оператора.

К прикладным программам относятся подсистема обработки входных и выходных сигналов, подсистема регулирования и управления, подсистема защит генератора (см. рисунок).

Результаты измерений аналоговых сигналов в подсистеме сбора данных масштабируются, фильтруются, форматируются, обрабатываются в подсистеме обработки информации и в дальнейшем формируют необходимые управляющие и защитные воздействия.

Подсистема настройки параметров и представления информации дает возмож-

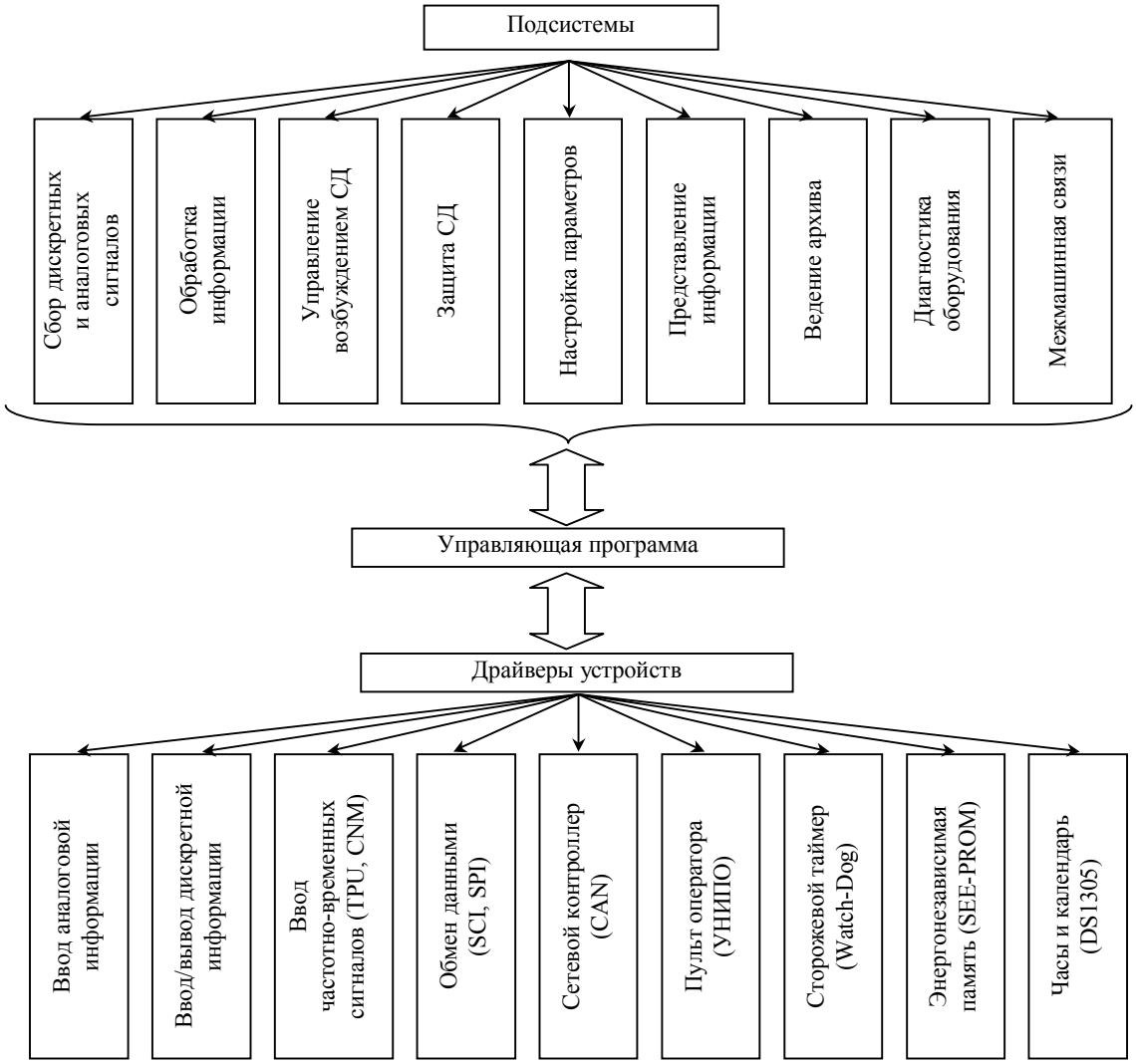
Требования, предъявляемые к системам возбуждения синхронных двигателей типа СТД

Наименование характеристик	Тип системы возбуждения		
	ВТЕ-320-6	UNINROL F	ВТЦ-СД-320
Цифровое управление, исключающее нестабильность параметров регулирования и уставок защит	–	+	+
Комплексный закон управления с регулированием cos φ и напряжения статора	–	+	+
ПИД (ПД) – закон регулирования напряжения статора без зоны нечувствительности	–	+	+
Специальные меры обеспечения динамической устойчивости:			
• управление по величине производной напряжения статора;	–	+	+
• усовершенствованные методы включения и форсировки возбуждения	–	–	+
Ограничение минимального возбуждения (статическая устойчивость)	–	–	+
Ограничение отношения В/Гц	–	+	–
Дополнительный тиристорный преобразователь			
• для форсированного гашения поля при самозапуске	+	–	–
• в качестве резерва	–	+	–
Измерение и осциллографирование переменной составляющей напряжения ротора	–	–	+
Контроль температуры ротора	–	Косвенное по тепловому импульсу	Прямое измерение по напряжению и току ротора
Контроль температуры тиристорного преобразователя	–	+	–
Отображение информации оперативному персоналу			
• стрелочные приборы	+	+	+
• плоскопанельный дисплей	–	+	+
Фиксация и ведение журнала событий	–	+	+
Осциллографирование процессов пуска и останова	–	+	+
Двусторонняя связь с системами управления верхнего уровня	–	+	+
Наработка на отказ, часов	Нет данных	~ 24000	~ 18000

ность с помощью встроенного пульта оператора индицировать измеряемые сигналы, как в физических, так и в относительных величинах, индицировать и изменять параметры электрической машины, параметры и уставки защит, вводить подстройку характеристик аналоговых измерительных каналов и т.д. Работа с пультом оператора проводится с помощью меню, что сокращает время, необходимое для обучения персонала. Все настроечные параметры сохраняются в запоминающем устройстве долговременного хранения (SEE-PROM). Все события, происходящие в системе, и действия оператора регистрируются в архиве с указанием времени и даты. Архивные данные сохраняются в энергонезависимом ОЗУ и при отключении питания системы могут быть выведены на местный пульт оператора.

Системы управления и регулирования имеют два регулятора (один основной, другой резервный), выходные сигналы регуляторов связаны с тиристорными преобразователями через блоки выходных усилителей. Две микропроцессорные многофункциональные системы защит возбуждения располагаются в шкафу управления.

Микропроцессорные устройства объединяются дублированной локальной сетью типа CAN. Связь с внешним миром, в частности с АСУ ТП энергоблока, осуществляется через стандартный шлюз, например,



Структура программного обеспечения микропроцессорного управления СВ

«CAN-Profibus DP». Для отображения текущей информации, просмотра дневника событий и т.п. в шкафу управления устанавливается микропроцессорный универсальный пульт оператора.

Выводы

1. Характеристики и работоспособность двигателей и генераторов в значительной степени зависят от свойств их системы возбуждения, все изготовляемые системы возбуждения с цифровым управлением выполняются со 100 %-ным резервированием каналов управления и регулирования.

2. Высокий уровень интеграции современных микропроцессоров, большой объем памяти, высокое быстродействие, развитая периферия позволяют объединять в одном процессоре: функции автоматического регулирования напряжения, регулятора тока ротора (ручное управление), управления тиристорным преобразователем, ограничителей минимального и максимального токов возбуждения, ограничителя перегрузки с времязависимой характеристикой и т.д.

3. Комплект оборудования системы управления и регулирования КОСУР за счет унификации аппаратуры и программного обеспечения позволяет поставлять системы возбуждения для вновь вводимых энерго-

блоков, на замену устаревшего оборудования и для модернизации систем возбуждения практически по индивидуальным требованиям заказчика.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Устинов Д.А.* Управление возбуждением синхронных двигателей стационарных установок горных предприятий в процессе пуска: Молодые ученые – промышленности Северо-Западного региона. СПб: Изд-во СПбГПУ, 2003. С.44-45.

2. *Устинов Д.А.* Исследование пусковых режимов системы «синхронный двигатель – полупроводниковый преобразователь» для стационарных установок горных предприятий: Пятая Санкт-Петербургская ассамблея молодых ученых и специалистов / Д.А.Устинов, Е.В.Татаренков. СПб: Изд-во СПбГПУ, 2000. 61 с.

3. *Татаренков Е.В.* Управление синхронными приводами стационарных установок в процессе пуска / Е.В.Татаренков, Д.А.Устинов // Записки Горного института. СПб, 2002. Т.150 (1). С.103-106.