

Усложнение расчетной схемы пролета обуславливает возрастание погрешности методики [2] (табл. 1) вследствие приближенного учета отпаек и гирлянд изоляторов. К примеру, эта методика не учитывает реального расположения отпаек в ОРУ, что делает практически невозможной оценку горизонтальных составляющих усилий от отпаек на провода гибких шин.

Следовательно, можно сделать ряд выводов. Расчет горизонтальных отклонений гибких шин ОРУ сверхвысокого напряжения по приведенным в ПУЭ формулам приводит к существенной погрешности (до 25 %).

Значительно меньшую погрешность расчетов дает методика, приведенная в [2], однако она применяется лишь в частных случаях расположения гибких шин и отпаек в ОРУ.

Разработанная программа механического расчета гибкой ошиновки на ЭВМ является универсальной и может быть использована при проектировании ОРУ сверхвысокого напряжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стрелюк М.И., Сергей И.И., Бладыко Ю.В. Численный метод расчета статики гибкой ошиновки ОРУ в различных режимах климатических воздействий // Изв. вузов СССР. Энергетика. – 1983. – № 8. – С. 8–14. 2. Бошнякович А.Д. Расчет проводов подстанций и больших проводов ЛЭП. – Л., Энергия, 1975. – 248 с.

УДК 621.313.323

В.С.ЛИВШИЦ, А.И.ЛАПИДУС,
канд-ты техн.наук (БПИ)

АВТОМАТИЧЕСКИЙ РЕГУЛЯТОР ВОЗБУЖДЕНИЯ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ЭЛЕКТРОМАШИНЫМ ВОЗБУДИТЕЛЕМ

Имеющиеся на промышленных предприятиях синхронные двигатели (СД) средней и большой мощности, как правило, экономически выгодно использовать в качестве местных источников реактивной мощности. Для этого обычно требуется осуществлять автоматическое регулирование возбуждения СД. Синхронные двигатели, выпускаемые в настоящее время, комплектуются тиристорными возбудителями с автоматическим управлением. Однако в эксплуатации еще имеется много СД с электромашинными возбудителями без автоматического регулирования. Выпуск же автоматических регуляторов для СД с электромашинным возбуждением в настоящее время прекращен.

В статье рассматривается автоматический регулятор возбуждения СД, в котором использован командный блок серийно выпускаемого регулятора мощности батарей конденсаторов типа АРКОН-1 [1].

Регулятор АРКОН позволяет осуществлять регулирование по напряжению (с компенсацией по току) или по реактивному току (реактивной мощности). Первый вариант применяется при использовании СД для компенсации реактивной мощности. Контролируемый параметр (напряжение или реактивный ток) удерживается в требуемом диапазоне, который задается уставкой параметра и зоной нечувствительности. Параметр и зона нечувствительности вы-

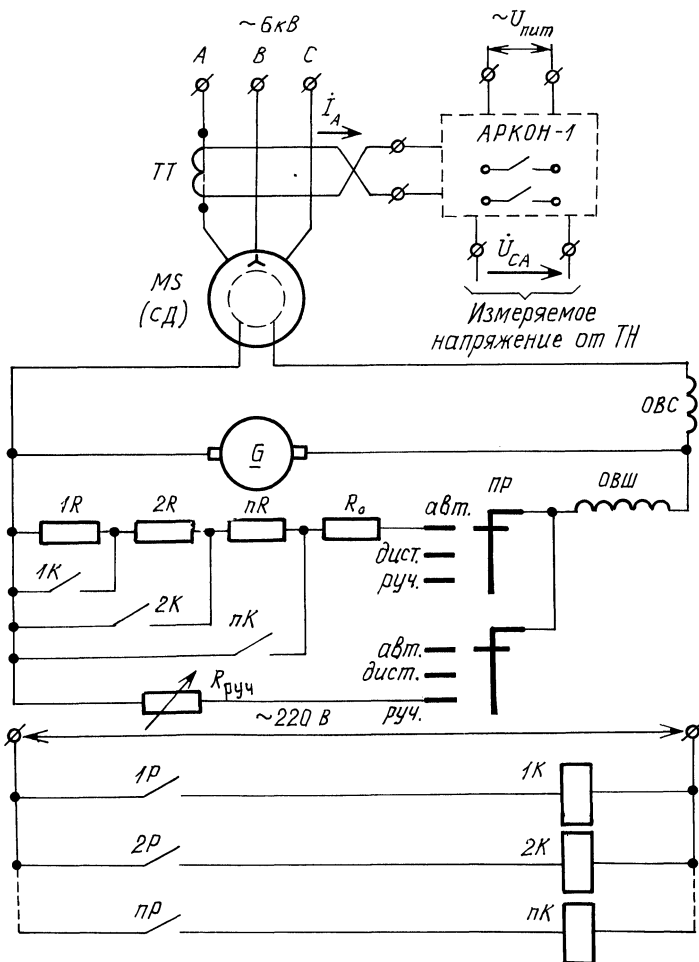


Рис. 1. Схема силовых цепей СД.

ставляются независимо один от другого. При выходе регулируемого параметра за пределы заданной зоны командный блок АРКОН с выдержкой времени выдает импульсный сигнал по каналам "выше" или "ниже". Понятия "выше" и "ниже" при регулировании по напряжению характеризуют достигнутый, в сравнении с уставкой, уровень напряжения, а при регулировании по реактивному току эти понятия означают соответствующую команду на изменение тока. Это значит, например, что при выходе реактивного тока за нижнюю границу зоны импульсный сигнал поступает по каналу "выше", а при выходе за верхнюю границу — по каналу "ниже".

СД, как правило, работает в режиме выработки реактивной мощности (погребления емкостного тока) или при $\cos \varphi = 1$. Командный блок АРКОН реагирует на индуктивный ток (мощность). Поэтому использование АРКОНа в целях регулирования возбуждения СД требует изменения на 180° фазы из-

меряемого тока, для чего необходимо поменять местами начало и конец его измерительной токовой цепи. Силовые цепи СД показаны на рис. 1. Командный блок АРКОН подключен по варианту регулирования реактивного тока (реактивной мощности).

АРКОН осуществляет ступенчатое регулирование тока возбуждения. Необходимое число ступеней регулирования определяется общей располагаемой реактивной мощностью СД и приемлемым значением скачка реактивной мощности ($\Delta Q = 30\text{--}60$ квар) при изменении тока возбуждения на одну ступень. Обычно удовлетворительное регулирование достигается при числе ступеней $n \geq 5\text{--}6$. Стандартная исполнительная приставка АРКОНа рассчитана на коммутацию трех цепей (ступеней) управления. В связи с этим в описываемом регуляторе командный блок АРКОНа снабжен индивидуальным исполнительным блоком, который может быть выполнен на любое число ступеней за счет наращивания схемы по однотипному алгоритму.

Схема исполнительного блока приведена на рис. 2. Импульсные команды "выше" или "ниже" с АРКОНа подаются на реле РВ или РН, которые включают соответственно реле РПВ или РПН. Ступень возбуждения СД однозначно определяется включением одного из реле — ОР, 1Р, 2Р ... nР с магнитной памятью. Такое реле имеет две катушки: включающую и отключающую; импульсный сигнал на любую из них переводит контактную систему в противоположное состояние, в котором она находится до следующего импульса. Каждый импульсный сигнал "выше" или "ниже" приводит к включению очередного реле ОР, 1Р ... nР и отключению ранее включенного. Причем сигнал "выше" включает реле в направлении возрастания их номеров, а сигнал "ниже" — в направлении их убывания. Реле 1Р ... nР включают контакторы 1К ... nК, которые шунтируют ступени сопротивления в цепи параллельной обмотки (ОВШ) возбуждителя G синхронного двигателя (рис. 1).

Сопротивление ступеней реостата в цепи ОВШ возбуждителя рассчитываются, исходя из принятой ступени изменения реактивной мощности, характеристик СД и возбуждителя, определяемых по паспортным данным или экспериментально. Предусмотрено три режима управления возбуждением СД: автоматический, дистанционный и ручной. Режим устанавливается трехпозиционным переключателем ПР. В автоматическом режиме для регулирования возбуждения используется командный блок АРКОН, в дистанционном — кнопки КнВ и КнН, воздействующие на реле РВ и РН, а в ручном — реостат, которым СД был укомплектован до установки регулятора. В автоматическом режиме регулятор поддерживает (в пределах установленной зоны) выработку синхронным двигателем заданной реактивной мощности при меняющейся нагрузке по активной мощности. Дистанционный режим позволяет быстро установить любую ступень возбуждения, в частности, отвечающую реактивной мощности $Q = 0$ ($\cos\varphi = 1$), что может понадобиться при изменении условий работы (например, в ночное время), а также при наладке регулятора. Работа СД на той или иной ступени возбуждения сигнализируется лампочками ОЛС, 1ЛС...nЛС. Ручной режим используется при пуске двигателя, а также при неисправности и ремонте регулятора.

Автоматический регулятор смонтирован по приведенной схеме и эксплуатируется на синхронном двигателе типа ДСК-260/20-32 ($P_{\text{ном}} = 625$ кВт,

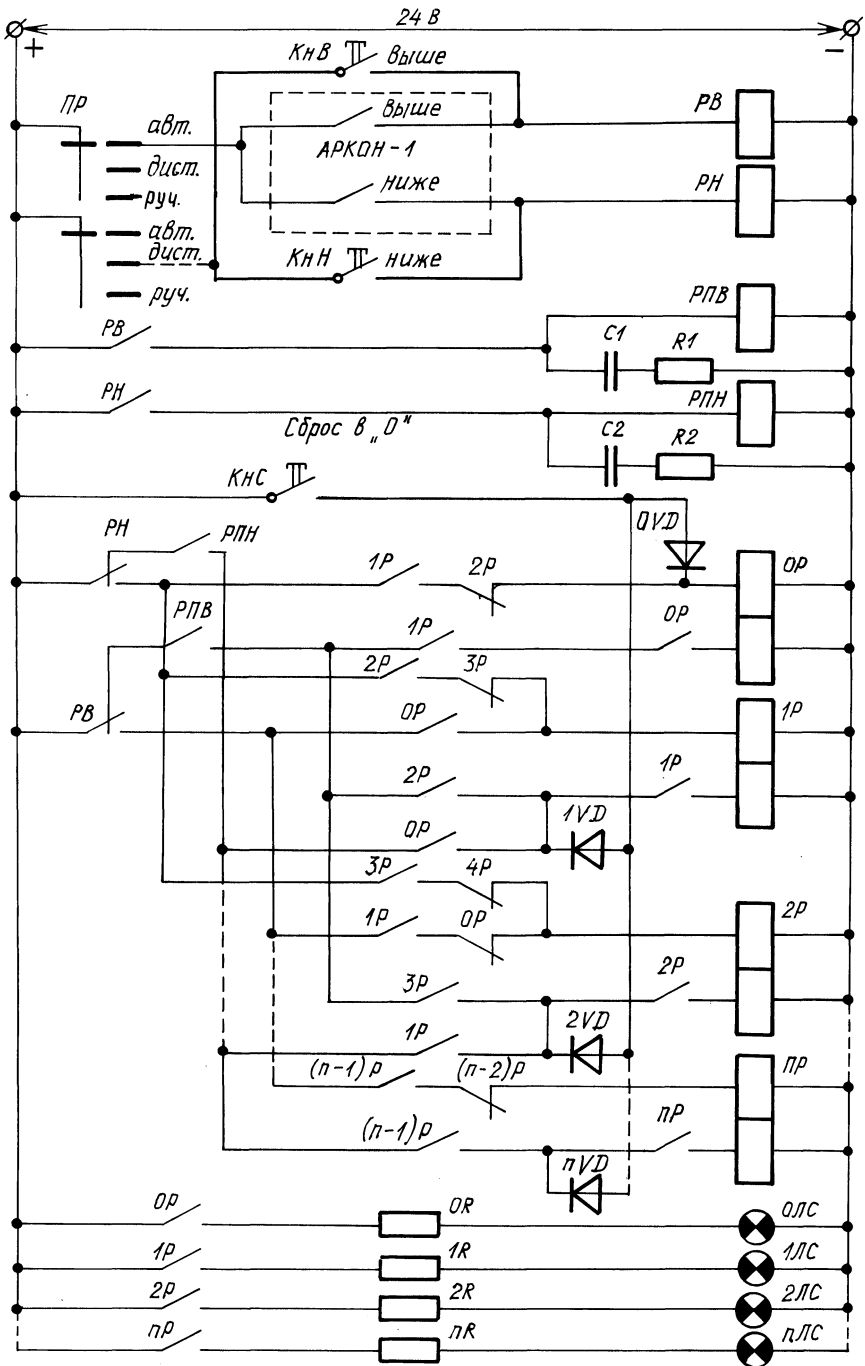


Рис. 2. Схема исполнительного блока автоматического регулятора.

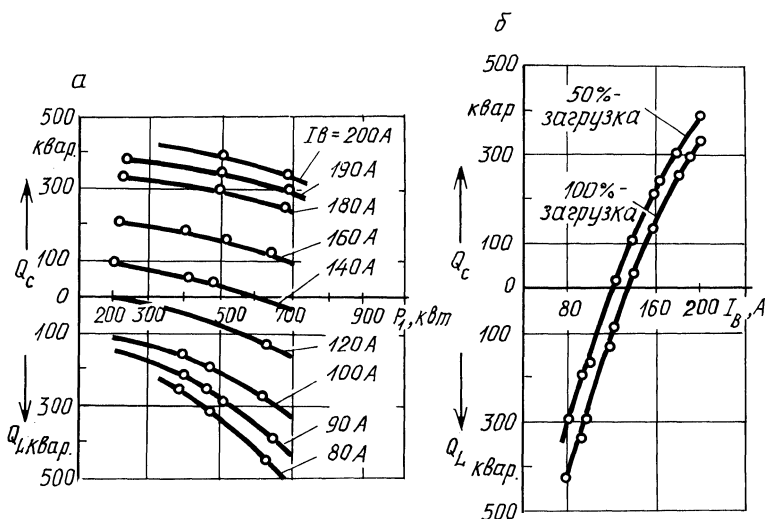


Рис. 3. Экспериментальные графики изменения реактивной мощности СД в зависимости: а – от потребляемой активной мощности при разных токах возбуждения; б – от тока возбуждения при разных нагрузках двигателя.

$U_{\text{ном}} = 6000 \text{ В}$, $I_{\text{в.ном}} = 202 \text{ А}$) в компрессорной станции Белорусского автозавода [2]. Возбудитель СД – генератор постоянного тока типа ПН-290 ($P_{\text{ном}} = 35 \text{ кВт}$, $U_{\text{ном}} = 115 \text{ В}$, $I_{\text{ном}} = 304 \text{ А}$). Компрессор, приводимый синхронным двигателем, работает с периодически меняющейся нагрузкой (от 50 до 100 %).

Экспериментальные графики зависимости реактивной мощности от тока возбуждения и загрузки компрессора представлены на рис. 3. Из графиков видно, что СД вырабатывает реактивную мощность при $I_{\text{в}} > 140 \text{ А}$. В связи с этим диапазон регулирования тока возбуждения СД принят от 140 до 200 А. Предусмотрено шесть ступеней возбуждения СД, что соответствует реактивной мощности одной ступени $Q_{\text{ст}} \approx 60 \text{ квар}$. Устойчивое регулирование достигается при зоне нечувствительности регулятора

$$Q_{\text{зom}} = K_3 \cdot Q_{\text{ст}} ,$$

где $K_3 = 1,2-1,4$ – коэффициент запаса АРКОНа.

Регулятор эксплуатируется более двух лет и обеспечивает в дневные смены генерацию синхронным двигателем оптимальной реактивной мощности в соответствии с экономическим расчетом. В ночную смену СД работает при $Q = 0$ ($\cos \varphi = 1$).

ЛИТЕРАТУРА

1. Техническое описание и инструкция по эксплуатации автоматического устройства АРКОН-1 Рижского опытного завода. – Рига: Латвэнерго, 1975. – 101 с. 2. Экспериментальное исследование компенсирующей способности компрессорного синхронного двигателя / В.Н.Горбарук, А.И.Лапидус, В.С.Лившиц, О.А.Дементьев // Науч. и прикл. пробл. энергетики. – Минск, 1984. – Вып. 11. – С. 19–22.