

## 4. Экспериментальное исследование (Лабораторная работа №4)

Работа выполняется на лабораторной установке, в состав которой входят синхронный двигатель (СД) с возбудителем  $GE$ . Двигатель приводит во вращение машину постоянного тока, работающую в режиме генератора  $G$  (рис. 4.10).

Изменение нагрузки на валу двигателя осуществляется изменением электромагнитного момента генератора постоянного тока  $G$  посредством регулировки тока якоря генератора (реостат  $RR_{нг}$ , амперметр  $PA4$ ).

В процессе выполнения работы скорость ротора СД несколько изменяется: ее значение колеблется около синхронной частоты вращения  $n_N = 1500$  об/мин. При этом стрелки измерительных приборов также колеблются. Объясняется это тем, что у двигателя недостаточный *асинхронный* демпфирующий момент, так как на роторе отсутствует пусковая (демпфирующая) обмотка.

### 4.1. Процесс пуска синхронного двигателя

Собрать схему для испытания синхронного двигателя СД (рис. 4.10). Выключатель  $QS2$  установить в положение “Откл”, так как *двигатель запускается на холостой ход*.

**4.1.1. Последовательность прямого асинхронного пуска синхронного двигателя.** 1) переключатель  $SA$  устанавливают в положение “Пуск СД” (обмотка возбуждения двигателя замкнута на реостат  $RR$ ); 2) включают автомат  $QF2$  (на обмотку якоря двигателя подано номинальное напряжение  $U_c = U_N = 127$  В. Двигатель разгоняется под действием *асинхронного* момента; возникает и реактивный момент); 3) после разгона двигателя до подсинхронной скорости ( $s \approx 0,05$ ) переключатель  $SA$  устанавливают в положение “Работа СД” (обмотка возбуждения двигателя присоединена к возбудителю  $GE$ ); 4) реостатом  $RR_{в.в}$  устанавливают ток возбуждения  $I_B \approx 6...7$  А (амперметр  $PA2$ ), при этом ток в ОЯ имеет минимальное значение  $I_a \approx 2...4$  А (амперметр  $PA5$ ); СД *нормально* возбужден. Двигатель входит в синхронизм под действием *синхронного* и *реактивного* моментов (в процессе пуска на ротор также действует момент, обусловленный силами *инерции*).

Признак синхронной работы – устойчивая синхронная частота вращения (а также установившиеся значения тока якоря и мощности – приборы  $PA5$  и  $PW$ ).

**4.2. Снятие рабочих характеристик.** Рабочие характеристики синхронного двигателя – это есть зависимости  $P_1, I_a, M, \cos \varphi, \eta = f(P_2)$ , которые снимаются при  $U_c = U_N, f_c = f_N, I_B = \text{const}$ .

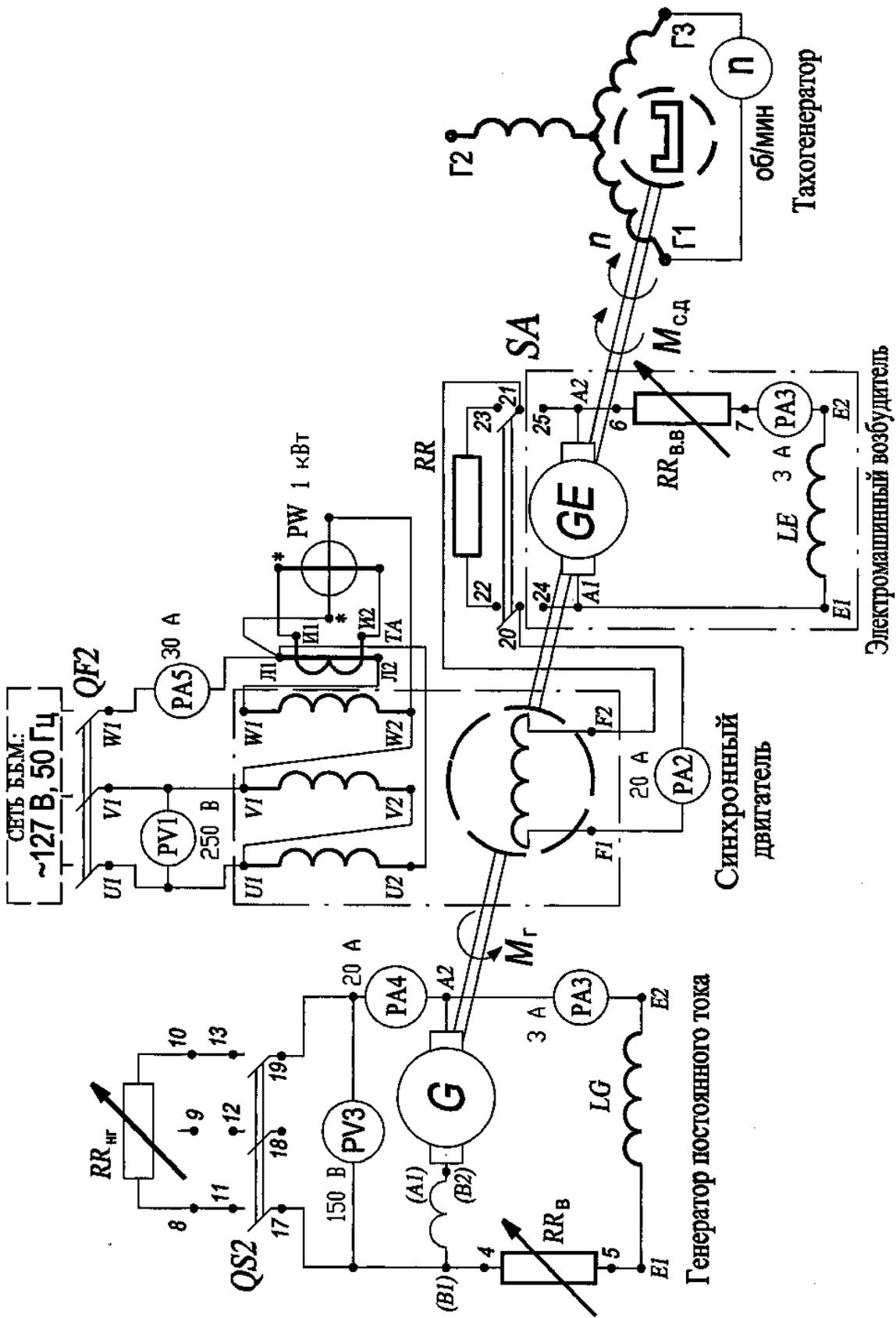


Рис. 4.10. Схема лабораторной установки для исследования синхронного двигателя.

Примечание: для выполнения работы №4 заменить на стенде панели PA4 (75 А) и PA1 (20 А) на панели PA5 (30 А)

Мощность на валу двигателя  $P_2$  определяется электрической нагрузкой генератора постоянного тока  $G$ , т.е.

$$P_2 = \eta_{\Gamma} U_{\Gamma} I_{\Gamma}, \quad (4.21)$$

где  $U_{\Gamma}$ ,  $I_{\Gamma}$  – напряжение и ток генератора, определяемые по показаниям приборов  $PV3$  и  $PA4$ ;  $\eta_{\Gamma}$  – КПД генератора определяется по зависимости  $\eta_{\Gamma} = f(I_{\Gamma})$  (см. Приложение 2, с. 190).

Снятие рабочих характеристик осуществляют следующим образом (реостат  $RR_{\text{нг}}$  отсоединен): 1) осуществляют пуск синхронного двигателя; 2) реостатом  $RR_{\text{в.в}}$  устанавливают значение тока возбуждения таким (амперметр  $PA2$ , это значение тока возбуждения поддерживается постоянным в процессе всего опыта,  $I_{\text{в.н}} = \text{const}$ ), чтобы линейный ток обмотки якоря имел минимальное значение  $I_{a,\text{min}} = I_{a,a}$  (при этом коэффициент мощности двигателя  $\cos \varphi = 1$  и он нормально возбужден, точка  $A$  на рис. 4.9); 3) подсоединяют реостат  $RR_{\text{нг}}$  и увеличивают нагрузку на валу СД до тех пор, пока линейный ток в обмотке якоря двигателя не достигнет номинального значения  $I_a = I_{\text{л.н}} = 19,4 \text{ А}$  (амперметр  $PA5$ ). Показания приборов заносят в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Синхронный двигатель							Генератор постоянного тока			
Измерение		Расчет					Измерение		Расчет	
$I_a$	$P_{1\phi}$	$P_1$	$P_2$	$\cos \varphi$	$M$	$\eta$	$I_{\Gamma}$	$U_{\Gamma}$	$P_{\Gamma}$	$\eta_{\Gamma}$
А	Вт	Вт	Вт	–	Н·м	%	А	В	Вт	%

Активная мощность  $P_1$ , потребляемая из сети синхронным двигателем, рассчитывается по формуле  $P_1 = 3P_{1\phi}$ . Мощность нагрузочного генератора постоянного тока рассчитывают по формуле  $P_{\Gamma} = U_{\Gamma} I_{\Gamma}$ . Мощность на валу двигателя –  $P_2 = \eta_{\Gamma} P_{\Gamma}$  (см. график  $\eta_{\Gamma} = f(I_{\Gamma})$  на с. 185). Коэффициент мощности двигателя –  $\cos \varphi = P_1 / \sqrt{3} U_N I_a$ , где  $U_c = U_N = 127 \text{ В}$  – напряжение сети;  $I_a$  – линейный ток обмотки якоря двигателя. Коэффициент полезного действия двигателя –  $\eta = 100P_2 / P_1$ . Момент на валу двигателя –  $M = 9,55P_2 / n_N$ , где  $n_N = 1500 \text{ об/мин}$ .

Синхронный вращающий момент  $M$  в зависимости от  $P_2$  изменяется по прямой, так как  $n = \text{const}$ . С увеличением нагрузки  $\cos \varphi$  несколько уменьшается, это объясняется увеличением реактивного падения напряжения в обмотке яко-

ря при росте тока в ней. Потребляемая мощность  $P_1$  при увеличении  $P_2$  растет несколько быстрее, чем  $P_2$ , так как с увеличением нагрузки возрастают электрические потери в обмотке якоря. Ток  $I_a$  при увеличении  $P_2$  также растет несколько быстрее, чем  $P_2$ , так как с увеличением нагрузки  $\cos \varphi$  уменьшается.

**4.3. Снятие V-образных характеристик.** Эти характеристики синхронного двигателя есть зависимости  $I_a = f(I_B)$ , которые снимаются при постоянной нагрузке на валу  $P_2 = \text{const}$  и номинальных значениях  $U_c = U_N$ ,  $f_c = f_N$ .

Снятие V-образных характеристик осуществляют следующим образом (выключатель  $QS2$  установить в положение “Откл”): 1) Первую характеристику снимают при холостом ходе двигателя,  $P_2 = 0$  Вт; 2) реостатом  $RR_{BВ}$  изменяют ток в цепи возбуждения двигателя. Показания приборов  $PA5$  и  $PA2$  заносят в табл. 4.3.

В процессе опыта фиксируется точка с координатами  $\{I_{a.\min} = I_{a.a}, I_{B.H}\}$ , где  $I_{a.\min}$  – минимальный ток в обмотке якоря двигателя (это активный ток  $I_{a.a}$ ),  $I_{B.H}$  – соответствующий ему ток в обмотке возбуждения СД. В этой точке двигатель *нормально* возбужден, он не генерирует и не потребляет из сети реактивную мощность,  $Q = 0$  вар. Коэффициент мощности  $\cos \varphi = 1$ .

В диапазоне значений тока возбуждения  $I_B < I_{B.H}$  двигатель *недовозбужден* (фиксируются три точки), он потребляет реактивную мощность из сети. В диапазоне  $I_B > I_{B.H}$  двигатель *перевозбужден* (фиксируются три точки), он генерирует реактивную мощность в сеть.

Снимают еще две V-образные характеристики при значении мощности  $P_2^* = 0,25; 0,5$ . При этом выключатель  $QS2$  устанавливают в положение “Вкл”, а значение нагрузки на валу  $P_2 = \text{const}$  поддерживают реостатами  $RR_{HT}$  и  $RR_B$ .

Таблица 4.3

$P_2^* = 0$				$P_2^* = 0,25$				$P_2^* = 0,5$			
$I_a$	$I_B$	$\cos \varphi$	$P_1$	$I_a$	$I_B$	$\cos \varphi$	$P_1$	$I_a$	$I_B$	$\cos \varphi$	$P_1$
А	А	–	Вт	А	А	–	Вт	А	А	–	Вт

V-образные кривые показаны на рис. 4.9. Минимальное значение тока  $I_a$  для каждой кривой соответствует  $\cos \varphi = 1$ . Изменение тока якоря при изменении тока возбуждения происходит в основном вследствие изменения *реактивной*

составляющей тока якоря. В левой части кривых (относительно линии  $AB$ ) ток якоря отстает от напряжения сети. При этом *реактивная мощность потребляется двигателем*. В правой части кривых ток якоря опережает напряжение сети  $U_c$  (см. также рис. 4.1e). В этом случае *реактивная мощность генерируется двигателем и поступает в сеть*.

При снижении тока возбуждения синхронного двигателя до значений меньших ограниченных пунктирной линией  $CD$  он *выпадает из синхронизма* (на рис. 4.3 эта линия соответствует пределу *статической устойчивости*; термины 26 и 29, с. 14).

В отличие от V-образной характеристики генераторного режима (см. рис. 3.8, кривая соответствующая  $P^{(1)} = 0$ , с. 135), в двигательном режиме, при  $P_2^{(1)} = 0$ , ток в обмотке якоря  $I_a$  больше нуля. Это обусловлено тем, что потери холостого хода синхронного двигателя компенсируются за счет мощности, потребляемой из сети. У генератора же эти потери компенсируются за счет мощности, потребляемой от приводного двигателя. Смещение точки минимума V-образных кривых в зону больших токов возбуждения при увеличении нагрузки  $P_2$  обусловлено увеличением потоков рассеяния.

## 5. Содержание отчета

Отчет должен содержать программу лабораторной работы, паспортные данные машин, схему испытаний, результаты опытов и расчетов в соответствующих таблицах, графические зависимости.

### П.2. Зависимость кпд генератора постоянного тока от тока якоря

