

## 6. Экспериментальное исследование (Лабораторная работа №2)

Работа выполняется на лабораторной установке, в состав которой входят явнополусный синхронный генератор и приводной двигатель постоянного тока параллельного возбуждения.

**6.1. Последовательность пуска приводного двигателя.** Собрать схему, приведенную на рис. 1.12 (работа №1, с. 69).

*Пуск двигателя* осуществляют следующим образом: 1) устанавливают пусковой реостат  $RR_{п.д}$  в положение “Пуск” (введен); 2) устанавливают реостат  $RR_{в}$  в цепи возбуждения в положение “выведен”; 3) включают автомат  $QF1$  (на схему подано напряжение – 110 В); 4) в процессе разгона двигателя *плавно и медленно* переводят пусковой реостат в положение “Работа” (выведен); 5) реостатом  $RR_{в}$  устанавливают синхронную частоту вращения  $n_N = 1500$  об/мин.

**Внимание.** *Перед отключением* двигателя от сети необходимо пусковой реостат  $RR_{п.д}$  *снова установить* в положение “Пуск”.

**6.2. Определение синхронных индуктивных сопротивлений обмотки якоря по продольной и поперечной осям ( $X_d$  и  $X_q$ ).** Собрать схему, приведенную на рис. 2.12, лист 1а.

Последовательность проведения первого опыта: 1) включают автомат  $QF2$  и устанавливают *индукционным регулятором* (термин 49, с. 17) напряжение такой величины, чтобы ток в обмотке якоря составил примерно  $0,25I_{ф.н}$ ; 2) осуществляют пуск приводного двигателя; 3) реостатом  $RR_{в}$  устанавливают частоту вращения индуктора генератора *близкую* к синхронной (но *не равную* ей). Индуктор и поле якоря должны вращаться *в одном направлении*. При совпадении направления вращения показание вольтметра  $PV1$ , подключенного к обмотке возбуждения генератора, *равно нулю*. Если же индуктор и поле якоря вращаются навстречу друг другу, то показание вольтметра *не равно нулю*, и необходимо изменить чередование фаз напряжения, подводимого к обмотке якоря (отключив предварительно автомат  $QF2$ ).

При соблюдении указанных условий будет *медленно* изменяться *взаимное* положение индуктора и поля якоря и, следовательно, оно будет замыкаться то вдоль оси  $d$ , то вдоль оси  $q$ . Поэтому будет изменяться и величина тока якоря от минимального значения, соответствующего сопротивлению обмотки якоря  $X_d$ ,

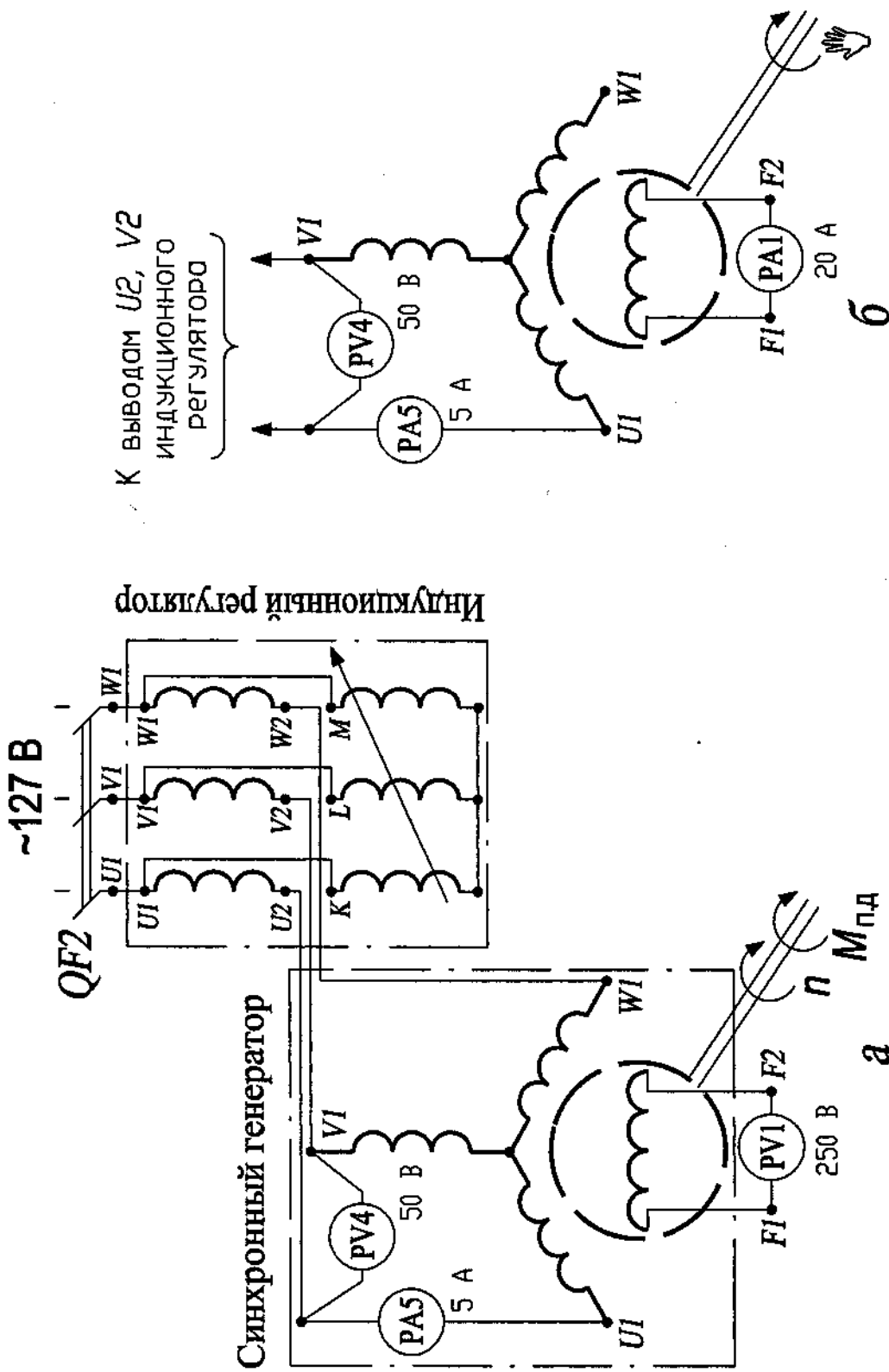


Рис. 2.12, лист 1. Электрическая схема лабораторной установки для определения сопротивлений обмотки якоря:  $X_d$  и  $X_q$  (а);  $X_d$  и  $X_q$  (б).

Схему включения двигателя постоянного тока см. на рис. 1.12.  
 Примечание: при выполнении работы №2 заменить на стенде панели PA1 и PV1 на панели PA5 и PV4

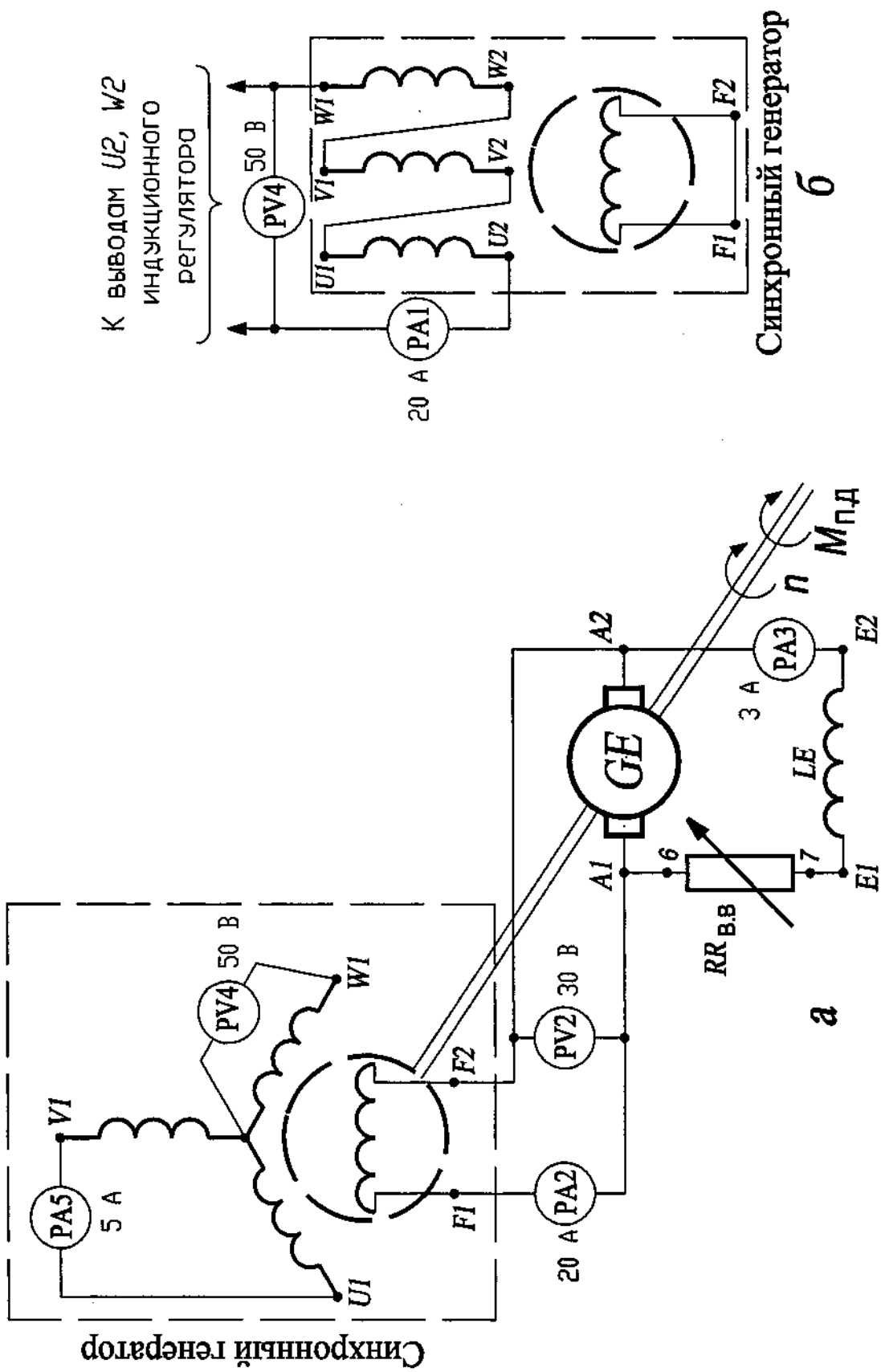


Рис. 2.12, лист 2. Электрическая схема лабораторной установки для определения сопротивлений обмотки якоря:  $X_2$  (а);  $X_0$  (б)

до максимального, соответствующего сопротивлению  $X_q$  (амперметр  $PA5$ ). Одновременно с изменением тока изменяется величина напряжения на выходе индукционного регулятора (вольтметр  $PV4$ ), что обусловлено изменением падения напряжения; 4) посредством реостата  $RR_B$  необходимо достичь медленного колебания стрелок приборов  $PA5$  и  $PV4$  и максимальной амплитуды колебаний; 5) величины токов и напряжений записывают в табл. 2.1.

Несколько изменив индукционным регулятором напряжение (вольтметр  $PV4$ ) проводят опыт еще раз (*после проведения опыта приводной двигатель автоматом  $QF1$  отключают от питающей сети*).

Таблица 2.1

№ опыта	Поле якоря замыкается в теле индуктора вдоль оси $d$						Поле якоря замыкается в теле индуктора вдоль оси $q$				
	$I_{\min}$	$U_{\max}$	$X_d$	$X_{d.cп}$	$X_d^*$	$X_{d.s}^*$	$I_{\max}$	$U_{\min}$	$X_q$	$X_{q.cп}$	$X_q^*$
	А	В	Ом	Ом	о.е.	о.е.	А	В	Ом	Ом	о.е.
1											
2											

Величины сопротивлений определяют по следующим выражениям:

$$X_d \approx U_{\max} / \sqrt{3} I_{\min}; \quad X_{d.cп} = (X_{d1} + X_{d2}) / 2; \quad X_d^* = X_{d.cп} / Z_{\delta}; \quad (2.34)$$

$$X_q \approx U_{\min} / \sqrt{3} I_{\max}; \quad X_{q.cп} = (X_{q1} + X_{q2}) / 2; \quad X_q^* = X_{q.cп} / Z_{\delta}. \quad (2.35)$$

Примечание: значение  $Z_{\delta}$  – см. разд. 5, с. 24.

При определении  $X_d$  и  $X_q$  не учтено активное сопротивление обмотки якоря  $R_a$ . Полученные значения  $X_d$  и  $X_q$  соответствуют ненасыщенному состоянию машины, при котором

$$X_q \approx 0,6X_d. \quad (2.36)$$

С увеличением насыщения величина  $X_d$  уменьшается. Для насыщенного состояния величина  $X_{d.s}$  может быть определена по характеристикам холостого хода  $E_0^* = f(I_B^*)$  и нагрузочной  $U^* = f(I_B^*)$  (необходимо воспользоваться опытными данными, полученными при выполнении работы №1, см. пункты 8.3 и 8.4). Синхронное индуктивное сопротивление обмотки якоря  $X_{d.s}$  по продольной оси определяется с учетом насыщения из выражения (см. рис. 2.11)

$$X_{d.s}^* = AB/I_a^*, \text{ о.е.}, \quad (2.37)$$

где  $I_a^*$  – относительное значение тока обмотки якоря, при котором снималась нагрузочная характеристика.

**6.3. Определение сверхпереходных индуктивных сопротивлений обмотки якоря по продольной и поперечной осям ( $X_d''$  и  $X_q''$ ).** Собрать схему, приведенную на рис. 2.12, лист 1б. В процессе опыта приводной двигатель отключен от питающей сети (автомат *QF1*).

Последовательность проведения первого опыта: 1) включают автомат *QF2* и индукционным регулятором устанавливают напряжение на обмотке якоря генератора равным примерно  $0,1U_{л.н.}$ ; 2) снимают защитный кожух, закрывающий муфту, соединяющую валы генератора и двигателя; 3) поворачивая вручную индуктор, устанавливают его в положение, при котором ток обмотки якоря будет *минимальным* (при этом ток в цепи обмотки возбуждения равен нулю). Заносят показания приборов *PA5* и *PV4* в табл. 2.2; 4) поворачивая вручную индуктор, устанавливают его в положение, при котором ток обмотки якоря будет *максимальным* (при этом ток в цепи обмотки возбуждения имеет наибольшее действующее значение). Заносят показания приборов *PA5* и *PV4* в табл. 2.2; .  
Несколько изменив индукционным регулятором напряжение (вольтметр *PV4*), проводят опыт еще раз.

Таблица 2.2

№ опыта	Поле якоря замыкается вне индуктора в направлении оси $q$					Поле якоря замыкается вне индуктора в направлении оси $d$				
	$I_{\min}$	$U_{\max}$	$X_q''$	$X_{q.ср}''$	$X_q''^*$	$I_{\max}$	$U_{\min}$	$X_d''$	$X_{d.ср}''$	$X_d''^*$
	А	В	Ом	Ом	о.е.	А	В	Ом	Ом	о.е.
1										
2										

Величины сопротивлений определяют из выражений:

$$X_q'' \approx U_{\max}/2I_{\min}; \quad X_{q.ср}'' = (X_{q1}'' + X_{q2}'')/2; \quad X_q''^* = X_q''/Z_{\delta}; \quad (2.38)$$

$$X_d'' \approx U_{\min}/2I_{\max}; \quad X_{d.ср}'' = (X_{d1}'' + X_{d2}'')/2; \quad X_d''^* = X_d''/Z_{\delta}. \quad (2.39)$$

При определении  $X_d''$  и  $X_q''$  не учтено активное сопротивление обмотки якоря.

**6.4. Определение индуктивного сопротивления обмотки якоря току обратной последовательности ( $X_2$ ).** Собрать схему, приведенную на рис. 2.12, лист 2а.

Последовательность проведения первого опыта: 1) осуществляют пуск приводного двигателя. Реостатом  $RR_B$  устанавливают синхронную частоту вращения  $n_N = 1500$  об/мин; 2) реостатом  $RR_{B.B}$  устанавливают ток (амперметр  $PA5$ ) двухфазного короткого замыкания  $I_{a.2}$  примерно равным  $0,3I_{\phi.N}$ ; 3) заносят показания приборов  $PA5$  и  $PV1$  в табл. 2.3.

Несколько изменив реостатом  $RR_{B.B}$  ток (амперметр  $PA5$ ), проводят опыт еще раз (после проведения опыта приводной двигатель отключают от питающей сети; автомат  $QF1$ ).

Таблица 2.3

№ опыта	$I_{a.2}$	$U$	$X_2$	$X_{2.cр}$	$X_2^*$
	А	В	Ом	Ом	о.е.
1					
2					

Величина сопротивления обратной последовательности определяется из выражения:

$$X_2 \approx (\sqrt{3}U) / 2I_{a.2}; \quad X_{2.cр} = (X_{2(1)} + X_{2(2)}) / 2; \quad X_2^* = X_{2.cр} / Z_0, \quad (2.40)$$

где  $U/2$  – напряжение обратной последовательности;  $I_{a.2}/\sqrt{3}$  – ток обратной последовательности (при определении  $X_2$  не учтено активное сопротивление обмотки якоря току обратной последовательности  $R_2$ ).

**6.5. Определение индуктивного сопротивления обмотки якоря току нулевой последовательности ( $X_0$ ).** Собрать схему, приведенную на рис. 2.12, лист 2б. В процессе опыта приводной двигатель отключен от питающей сети (автомат  $QF1$ ).

Последовательность проведения первого опыта: 1) индукционным регулятором устанавливают ток в обмотке якоря близкий к номинальному,  $I_{\phi.N} = 11,2$  А; 2) заносят показания приборов  $PV4$  и  $PA1$  в табл. 2.4;

Несколько изменив индукционным регулятором ток (амперметр  $PA1$ ), проводят опыт еще раз.

Таблица 2.4

№ опыта	$U$	$I_a$	$X_0$	$X_{0.ср}$	$X_0^*$
	В	А	Ом	Ом	о.е.
1					
2					

Величина сопротивления нулевой последовательности определяется из выражений:

$$X_0 = U/3I_a; \quad X_{0.ср} = (X_{0(1)} + X_{0(2)})/2; \quad X_0^* = X_{0.ср}/Z_{\sigma} . \quad (2.41)$$

При определении  $X_0$  не учтено активное сопротивление обмотки якоря току нулевой последовательности  $R_0$ .

## 7. Содержание отчета

Отчет должен содержать программу лабораторной работы, паспортные данные синхронной машины, схемы испытаний, результаты опытов и теоретических расчетов. Относительные и абсолютные значения найденных индуктивных сопротивлений и токов обмотки якоря (2.30) – (2.33) необходимо представить в таблицах 2.1 – 2.5.

Таблица 2.5

$i_{уд}$		$I_{a.1}$		$I_{a.2}$		$I_{a.3}$	
о.е.	А	о.е.	А	о.е.	А	о.е.	А