

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ГЕНЕРАТОРОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА

1. Цель работы

Изучение основных эксплуатационных особенностей генератора постоянного тока (ГПТ) в зависимости от способа его возбуждения.

2. Подготовка к работе

2.1 Ознакомиться с принципом действия и характеристиками генераторов постоянного тока [1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.6, 2.8].

2.2 Начертить схемы ГПТ независимого и параллельного возбуждений с реостатами возбуждения и нагрузки, с приборами для измерения токов нагрузки и возбуждения, напряжения на якоре.

2.3 Записать выражения для напряжения на зажимах генератора, ЭДС якоря, тока якоря и электромагнитного момента.

2.4 Изобразить на одном графике примерный вид внешних характеристик ГПТ независимого и параллельного возбуждений.

2.5 Заготовить таблицы для записи результатов измерений, снабдив их заголовками, характеризующими опыт.

3. Рабочее задание

3.1 Записать номинальные данные генератора.

3.2 Собрать цепи ГПТ с независимым возбуждением и цепь приводного асинхронного двигателя. Произвести пуск асинхронного двигателя и записать его частоту вращения.

3.3 В режиме холостого хода генератора (реостат нагрузки не подключен) :

- убедиться, что, изменяя ток возбуждения, можно плавно регулировать напряжение генератора в диапазоне от нуля до $U_{ном}$;

- снять и построить характеристику холостого хода (зависимость $E(I_B)$).

3.4 Снять и построить рабочие участки внешних характеристик $U(I)$ при $I_B=0,4A$ и $0,8A$.

Убедиться, что с ростом тока нагрузки напряжение генератора падает.

3.5 Собрать цепь ГПТ параллельного возбуждения.

3.6 Снять и построить рабочий участок внешней характеристики генератора при максимальном токе возбуждения.

3.7 Определить процентное изменение напряжения от холостого хода до номинальной нагрузки.

3.8 Сделать краткие письменные выводы об эксплуатационных особенностях ГПТ при различных способах возбуждения.

4. Методические указания

4.1 На лабораторном стенде установлен генератор постоянного тока, имеющий следующие номинальные данные :

напряжение	$U_{НОМ} = 110 \text{ В}$,
мощность	$P_{НОМ} = 0,37 \text{ кВт}$,
частота вращения	$n_{НОМ} = 1500 \text{ об/мин}$,
ток якоря	$I_{ЯНОМ} = 5 \text{ А}$,
ток возбуждения	$I_{ВНОМ} = 1 \text{ А}$.

4.2 При сборке электрической цепи исследуемого ГПТ в цепь обмотки возбуждения включается регулировочный реостат и амперметр для измерения тока возбуждения. В цепь якоря включается амперметр для измерения тока нагрузки. К обмотке якоря подключается вольтметр. В качестве нагрузки используется реостат со ступенчатой регулировкой.

4.3 Обмотка статора приводного асинхронного двигателя соединена по схеме треугольника. Обмотка подключается с помощью перемычек к источнику трехфазного напряжения.

4.4 На панели “СИНХРОННАЯ МАШИНА” ручку “РЕГУЛИРОВКА” (напряжение возбуждения) установить в крайнее левое положение. На панели “МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА” ручку “РЕГУЛИРОВКА ВОЗБУЖДЕНИЯ” (ток возбуждения) установить в крайнее правое положение, при котором ток будет максимальным. Переключатель “НАГРУЗКА ГЕНЕРАТОРА” установить в положение “1” (нагрузочный реостат отключен).

4.5 Для пуска асинхронного приводного двигателя необходимо:

- включить автомат сети (под столом стенда);
- на левой панели нажать кнопку “ВКЛ” для подключения стенда к сети, при этом вольтметр покажет напряжение сети (220В);
- на панели “СИНХРОННАЯ МАШИНА” нажать кнопку “ВКЛЮЧЕНИЕ К СЕТИ АСИНХРОННОЙ МАШИНЫ”.

4.6 Для снятия характеристики холостого хода на панели “СИНХРОННАЯ МАШИНА” нажать кнопку “ВКЛ. ВОЗБУЖДЕНИЯ ГЕНЕРАТОРА ПОСТОЯННОГО ТОКА”. Плавно изменяя ток возбуждения ручкой “РЕГУЛИРОВКА” в пределах от 0 до 1А снять 5-6 точек для построения характеристики.

4.7 Для снятия внешних характеристик установить указанный в п. 3.4 ток возбуждения при отключенном реостате нагрузки ($I_{Я}=0$) и записать показание вольтметра. Изменяя нагрузку генератора, снять 5-6 точек для построения внешней характеристики.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ

1. Цель работы

Изучение основных эксплуатационных характеристик двигателя постоянного тока (ДПТ) параллельного возбуждения, способов пуска и регулирования частоты вращения.

Получить навыки управления ДПТ.

2. Подготовка к работе

2.1 Ознакомиться с устройством, принципом действия, схемой и основными характеристиками ДПТ параллельного возбуждения [1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.9 - 2.11].

2.2 Начертить схему ДПТ параллельного возбуждения с пусковым и регулировочными реостатами, а также с приборами для измерения напряжения, токов якоря и возбуждения.

2.3 Записать формулы для расчета:

2 номинального момента $M_{\text{ном}}$ ДПТ ;

3 электромагнитного момента;

4 ЭДС якоря;

- тока якоря при пуске и в номинальном режиме работы двигателя;

- электрической мощности P_1 двигателя;

- КПД двигателя.

2.4 По паспортным данным ДПТ рассчитать его номинальный момент (см. п. 4.1 методических указаний).

2.5 Изобразить качественно естественную и искусственные механические характеристики ДПТ при полюсном, реостатном и якорном регулировании частоты вращения якоря.

2.6 Заготовить таблицы для записи результатов измерений, снабдив их заголовками, характеризующими опыт.

3. Рабочее задание

3.1 Собрать электрическую цепь двигателя параллельного возбуждения. Произвести “ручной” пуск и остановку двигателя без нагрузки с помощью пускового реостата. Записать бросок пускового тока (п. 4.2, 4.3 методических указаний).

3.2 Снять участок естественной механической характеристики $n(M)$ двигателя, фиксируя при этом значения напряжения U , токов якоря $I_{\text{я}}$ и возбуждения $I_{\text{в}}$. Момент уменьшать от $0,8M_{\text{НОМ}}$ (4-5 точек) до нуля (холостой ход). Построить механическую характеристику двигателя, а также зависимость его КПД от мощности нагрузки P_2 .

3.3 Снять и построить искусственную механическую характеристику при пониженном токе возбуждения $I_{\text{в}} = 0,7 I_{\text{вНОМ}}$, фиксируя при этом значение тока якоря (п. 4.5 методических указаний).

3.4 Осуществить полюсное регулирование частоты вращения якоря без нагрузки ($M_{\text{с}}=0$). При этом частота вращения не должна превышать значения 3500 об/мин.

Снять и построить зависимость $n(I_{\text{в}})$. Обратить внимание на резкое возрастание частоты вращения n и тока якоря $I_{\text{я}}$ при уменьшении тока возбуждения $I_{\text{в}}$ двигателя.

3.5 Осуществить якорное регулирование частоты вращения при $I_{\text{в}}=I_{\text{вНОМ}}=\text{const}$.

Снять и построить искусственную механическую характеристику ДПТ при $U=180\text{В}$ (п. 4.6 методических указаний).

4. Методические указания

4.1 На лабораторном стенде установлен ДПТ серии 4П, имеющий следующие номинальные данные:

- | | |
|----------------------------------|--------------------------------------|
| - мощность | $P_{\text{НОМ}}=1,1\text{кВт};$ |
| - напряжение | $U_{\text{НОМ}}=220\text{В};$ |
| - ток якоря | $I_{\text{яНОМ}}=6,5\text{А};$ |
| - частота вращения | $n_{\text{НОМ}}=3000\text{ об/мин};$ |
| - коэффициент полезного действия | $\eta_{\text{НОМ}}=74\%$ |

4.2 При сборке электрической цепи исследуемого ДПТ в цепь обмотки возбуждения (Ш1 - Ш2) включаются амперметр и регулировочный реостат РВ. В цепь якоря (Я1 - Я2) включаются амперметр и пусковой реостат РП. Сборку цепи осуществлять согласно схеме, приведенной на рис. 1.

В качестве нагрузки двигателя используется электромагнитный тормоз, тормозной момент которого изменяется при изменении его тока возбуждения с помощью регулируемого источника постоянного напряжения. Управление тормозом осуществляется ручкой "РЕГУЛИРОВКА НАГРУЗКИ" на левой панели "НАГРУЗОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА".

4.3 Пуск ДПТ осуществлять в следующей последовательности:

- полностью вывести сопротивление реостата в цепи обмотки возбуждения поворотом ручки "РЕГУЛИРОВКА ВОЗБУЖДЕНИЯ" по часовой стрелке до упора;
- полностью ввести сопротивление пускового реостата поворотом ручки "ПУСК ДВИГАТЕЛЯ" против часовой стрелки до упора;

- установить момент сопротивления $M_C=0$ поворотом ручки “РЕГУЛИРОВКА НАГРУЗКИ” против часовой стрелки до упора;
- на панелях “НАГРУЗОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА” и “МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА” нажать кнопки “ВКЛ”;
- на панели “НАГРУЗОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА” установить: переключатель в положение “АГРЕГАТ №2”; номинальное напряжение ДПТ по прибору “НАПРЯЖЕНИЕ ЯКОРЯ” кнопками “УСТАНОВКА НАПРЯЖЕНИЯ ПИТАНИЯ ЭЛ. МАШИН”; нулевое значение нагрузочного момента M_C ручкой “БАЛАНСИРОВКА МОМЕНТА”;
- произвести пуск электродвигателя без нагрузки ($M_C=0$), медленно переводя ручку пускового реостата из положения “1” в положение “7”.

4.4 Для снятия механической характеристики на панели “НАГРУЗОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА” нажать кнопку “ВКЛ. НАГРУЗКИ”. Вращением ручки “РЕГУЛИРОВКА НАГРУЗКИ” установить номинальный момент. Изменяя ток возбуждения, довести частоту вращения до номинальной ($n_{НОМ} = 3000$ об/мин). Одновременно следует поддерживать неизменным напряжение питания. Полученное значение тока возбуждения принимается за номинальное.

4.5 Искусственную механическую характеристику снимать, уменьшая момент нагрузки от значения $0,5M_{НОМ}$ и поддерживая неизменным напряжение питания $U_{НОМ}$. При этом частота вращения якоря не должна превышать значения 3500 об/мин.

4.6 При якорном регулировании напряжение следует изменять кнопками “УСТАНОВКА НАПРЯЖЕНИЯ ПИТАНИЯ ЭЛ. МАШИН”.

Искусственную механическую характеристику снимать, изменяя момент нагрузки от $0,8M_{НОМ}$ до нуля. При этом напряжение питания U и ток возбуждения должны поддерживаться неизменными.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТРЕХФАЗНЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

1. Цель работы

Изучение особенностей пуска трехфазного асинхронного двигателя (ТАД) с короткозамкнутым ротором, исследование особенностей работы двигателя на холостом ходу и под нагрузкой, получение навыков управления двигателем.

2. Подготовка к работе

2.1 Ознакомиться с устройством, принципом действия, схемой и основными характеристиками ТАД [1, 3.2 - 3.4, 3.10, 3.11].

2.2 Начертить схему включения ТАД с короткозамкнутым ротором в трехфазную сеть с линейным напряжением 220В, предусмотрев возможность контроля напряжения, тока и мощности.

2.3 Записать формулы для определения:

- номинального момента двигателя;
- механической мощности P_2 ;
- коэффициента мощности;
- КПД двигателя;
- скольжения;
- частоты вращения ротора;
- зависимости частоты тока ротора от скольжения.

2.4 Изобразить примерный вид рабочих характеристик ТАД.

2.5 Заготовить таблицы для записи результатов измерений, снабдив их заголовками, характеризующими опыт.

3. Рабочее задание

3.1 Записать номинальные данные ТАД со стенда, определить его номинальный момент.

3.2 Собрать электрическую цепь на лабораторной панели “АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ”. Амперметр включить на предел 15А.

3.3 Произвести прямой пуск ТАД при отсутствии нагрузки на валу. Записать бросок пускового тока и определить кратность пускового тока $I_{п}/I_{н}$.

3.4 Снять и построить участок естественной механической характеристики $n(M)$ двигателя, фиксируя одновременно значения напряжения, тока статора и электрической мощности. Момент на валу изменять от номинального значения до нуля (5 - 6 точек).

3.5 Используя данные п.3.4, построить рабочие характеристики двигателя.

3.6 В режиме холостого хода двигателя определить скольжение ротора.

3.7 Сделать краткие выводы об эксплуатационных свойствах ТАД с короткозамкнутым ротором.

4. Методические указания

4.1 После сборки электрической цепи на панели “НАГРУЗОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА” установить переключатель в положение “АГРЕГАТ №1” и нажать кнопку “ВКЛ.” для подключения стенда к сети.

4.2 ТАД малой мощности с короткозамкнутым ротором пускается в ход путем непосредственного подключения обмоток статора к сети. Для пуска ТАД на панели “СИНХРОННАЯ МАШИНА” нажать кнопку “ВКЛЮЧЕНИЕ К СЕТИ АСИНХРОННОЙ МАШИНЫ”.

4.3 Регулировка момента нагрузки на валу асинхронной машины осуществляется путем изменения тока электромагнитной муфты поворотом ручки “РЕГУЛИРОВКА НАГРУЗКИ”.

Датчик момента требует предварительной настройки при неподвижном роторе ТАД. Для этого после нажатия кнопки “ВКЛ. НАГРУЗКИ” ручкой “БАЛАНСИРОВКА МОМЕНТА” установить на нуль стрелку прибора, измеряющего момент.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА В МОЩНОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЕ

1. Цель работы

Изучение свойств синхронного генератора (СГ) при работе в системе большой мощности, приобретение навыков включения СГ на параллельную работу с сетью, регулирования активной и реактивной мощностей генератора.

2. Подготовка к работе

2.1 Ознакомиться с устройством и принципом действия СГ, условиями включения СГ на параллельную работу с мощной энергосистемой, а также со способами регулирования активной и реактивной мощностей [1, 4.2 - 4.7].

2.2 Начертить схему поперечного сечения двухполюсного СГ, указать расположение магнитных осей ротора и результирующего поля, построить векторные диаграммы для разных режимов работы СГ.

2.3 Начертить схему включения СГ с измерительными приборами для снятия характеристики холостого хода, U-образных характеристик, схему замещения фазы статора. Написать уравнение электрического состояния фазы статора СГ.

2.4 Записать условия включения СГ в сеть большой мощности. Указать, каким образом можно изменять активную и реактивную мощности генератора.

2.5 Подготовить таблицы для записи измеряемых величин, снабдив их заголовками, характеризующими опыт (пп. 3.4 и 3.6 рабочего задания). Изобразить примерный вид снимаемых характеристик.

3. Рабочее задание

3.1 Записать номинальные данные СГ со стенда.

3.2 Собрать электрическую цепь приводного двигателя постоянного тока и СГ, подключив необходимые измерительные приборы. Ток в фазе обмотки статора измерять измерительным комплектом К50.

3.3 Запустить приводной двигатель и установить синхронную частоту вращения ротора (см. п.4.2 методических указаний).

3.4 Снять и построить характеристику холостого хода $E_0(I_{В.Р.})$ (зависимость ЭДС фазы статора от тока возбуждения ротора) СГ.

3.5 Выполнить условия синхронизации и включить СГ в сеть большой мощности (см. п.4.4 методических указаний).

3.6 Регулируя реактивную мощность, снять зависимость фазного тока статора $I_{СТ}$ от тока возбуждения ротора $I_{В.Р.}$ для трех значений активной мощности : $P=0$, $P=0,3P_{НОМ}$ и $P=0,7P_{НОМ}$.

3.7 Отключить СГ от сети, остановить приводной двигатель (см. п.4.7 методических указаний).

3.8 По результатам эксперимента п.3.6 рассчитать зависимость коэффициента мощности $\cos\varphi$ от тока возбуждения ротора $I_{В.Р.}$ СГ для $P=0,3P_{НОМ}$ и $P=0,7P_{НОМ}$.

3.9 Построить графики зависимостей $I_{СТ}(I_{В.Р.})$ и $\cos\varphi (I_{В.Р.})$.

3.10 Сделать краткие выводы об особенностях работы СГ в мощной энергосистеме, о регулировании активной и реактивной мощностей.

4. Методические указания

4.1 На панели “НАГРУЗОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА” установить переключатель в положение “АГРЕГАТ №2”. Подключение лабораторного стенда к сети осуществляется нажатием кнопки “ВКЛ”.

4.2 Для пуска приводного ДПТ необходимо:

- на панели “МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА” ручку “РЕГУЛИРОВКА ВОЗБУЖДЕНИЯ” повернуть вправо до упора (реостат возбуждения выведен), а ручку “ПУСК ДВИГАТЕЛЯ” установить в положение “1”;

- нажать кнопку “ВКЛ.” на панели “МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА”;

- установить на панели “НАГРУЗОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА” номинальное напряжение питания кнопками “↑” и “↓”;

- медленно (за 5 - 7 сек.) перевести ручку “ПУСК ДВИГАТЕЛЯ” в положение “7”;

- изменяя ток возбуждения ДПТ, установить частоту вращения ротора $n=3000$ об/мин.

4.3 Для снятия характеристики холостого хода подключить обмотку возбуждения СГ к регулируемому источнику постоянного напряжения нажатием на панели “СИНХРОННАЯ МАШИНА” кнопки “ВКЛ. ВОЗБУЖДЕНИЯ СИНХРОННОЙ МАШИНЫ”. Измерительные приборы и синхроскоп подключаются кнопкой “ВКЛЮЧЕНИЕ СТАТОРА СИНХРОННОЙ МАШИНЫ”. Регулировка тока возбуждения СГ производится ручкой “РЕГУЛИРОВКА”.

Произвести 6 - 7 измерений E_0 в диапазоне изменения тока возбуждения ротора $I_{В.Р.}$ от нуля до максимального.

4.4 Для синхронизации СГ с сетью необходимо :

- установить равенство напряжений $U_{СГ} = U_{СЕТИ}$ регулировкой $I_{В.Р.}$;
- добиться равенства частот напряжения СГ и сети, регулируя частоту вращения ротора СГ изменением тока возбуждения приводного ДПТ.

Момент синхронизации соответствует совмещению медленно вращающейся стрелки синхроскопа с вертикальной отметкой его шкалы (совпадение фаз напряжений $U_{СГ}$ и $U_{СЕТИ}$). В этот момент нажать кнопку “ВКЛЮЧЕНИЕ К СЕТИ СИНХРОННОЙ МАШИНЫ” (**присутствие преподавателя обязательно !**). После включения СГ должен работать в режиме холостого хода ($I_{СТ}=0, P=0$).

4.5 Для снятия зависимостей $I_{СТ}(I_{В.Р.})$ при $P=const$ (U-образные характеристики) :

- изменением тока возбуждения ДПТ установить выбранное значение активной мощности СГ;
- изменением тока возбуждения ротора СГ установить минимальный ток статора;
- изменяя ток возбуждения ротора СГ сначала в сторону уменьшения, а затем в сторону увеличения от точки $I_{СТ} = \min$ снять по 3 точки в каждом направлении; при этом необходимо следить, чтобы ток статора не превышал 6А;
- постоянство активной мощности $P=const$ обеспечивать изменением тока возбуждения приводного ДПТ.

4.6 При снятии U-образных характеристик необходимо фиксировать значения напряжения U и мощности P для расчета коэффициента мощности $\cos\varphi = P/(\sqrt{3} UI)$.

4.7 Отключение СГ и приводного ДПТ производить **только в присутствии преподавателя** в обратной последовательности.

Литература

1. Электротехника и электроника. Учебник для вузов. – В 3-х кн. Кн. 2. Электромагнитные устройства и электрические машины / В.И. Киселев, А.И. Копылов, Э.В. Кузнецов и др.; Под ред. Проф. В.Г. Герасимова. М.: Энергоатомиздат, 1997. –272 с.

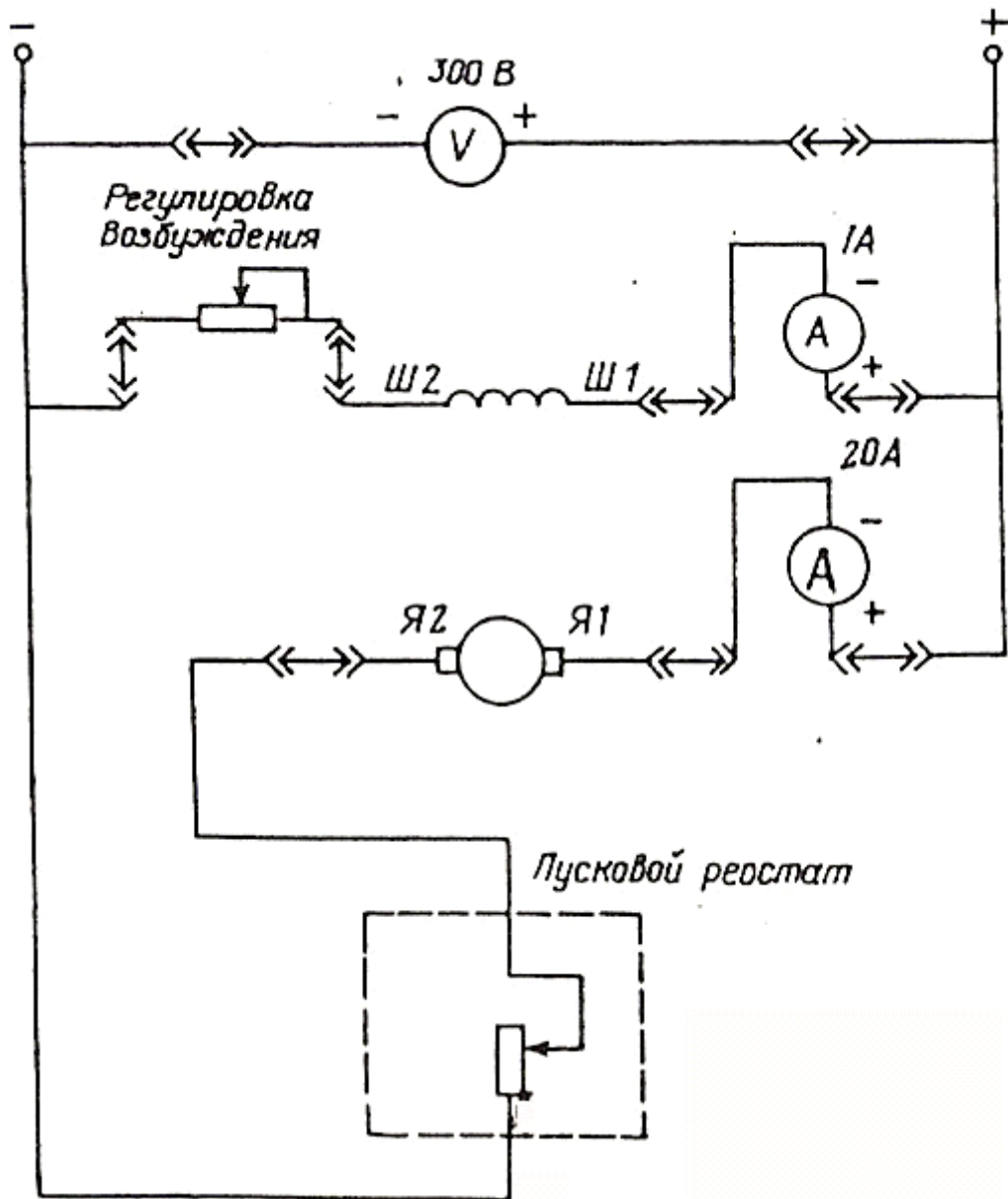


Рис.1

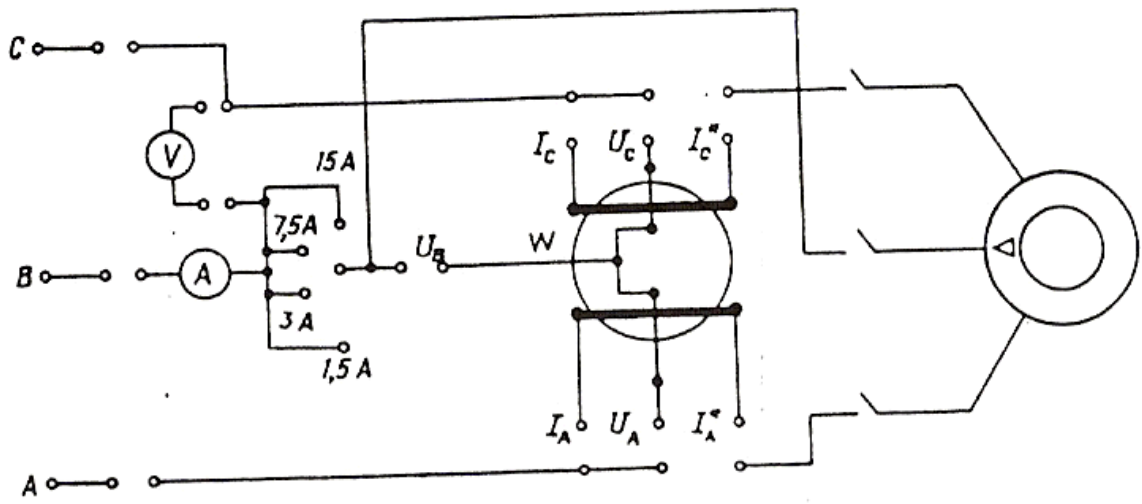


Рис.2

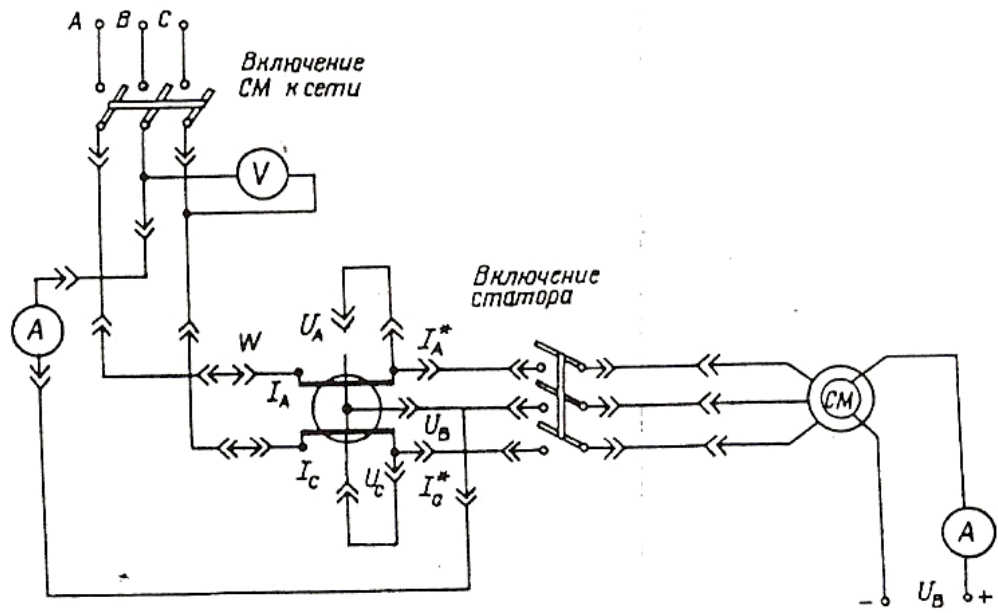


Рис.3