

РАБОТА № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ В ОДНОФАЗНОМ РЕЖИМЕ

Оглавление

1.	Цель работы	2
2.	Программа работы	2
3.	Основы теории	3
4.	Экспериментальное исследование	3
4.1.	Опыт холостого хода. Пуск двигателя	3
4.2.	Опыт короткого замыкания	4
4.3.	Опыт под нагрузкой. Рабочие характеристики.....	5
5.	Содержание отчета.....	8
6.	Контрольные вопросы.....	8
	Рис. 3.1. Схема лабораторной установки для исследования трехфазного асинхронного двигателя при однофазном включении с активным сопротивлением	9

1. Цель работы

Уяснить схемы подключения трехфазного асинхронного двигателя в однофазном режиме, порядок пуска и реверсирования, принципы образования вращающего момента при пуске и в рабочем режиме, степень использования паспортной мощности, причины повышения потерь в роторе по сравнению с трехфазным режимом.

2. Программа работы

2.1. Записать паспортные данные испытуемого двигателя.

2.2. Осуществить пуск двигателя на холостом ходу.

2.3. Провести опыт холостого хода и построить характеристики холостого хода I_x , P_x , $\cos \varphi_x = f(U_x)$.

Произвести разделение магнитных и механических потерь (см. [разд.4.2 в описании Работы №2, с.5, 6](#)).

2.4. Провести опыт короткого замыкания и определить сопротивление обмотки ротора.

2.5. Провести опыт при нагрузке и построить рабочие характеристики двигателя P_1 , I_1 , M , η , $\cos \varphi_1 = f(P_2)$.

3. Основы теории

.....
.....

4. Экспериментальное исследование

Исследуется трехфазный асинхронный двигатель в схеме однофазного включения с пусковым **активным** сопротивлением. Фазосдвигающее сопротивление включается в одну фазу. В качестве рабочей обмотки используются две другие фазы обмотки статора, включенные по схеме неполной звезды. Схема лабораторной установки представлена на рис. 3.1. Все опыты проводятся в соответствии с этой схемой. *После того как двигатель в процессе пуска достигает скорости вращения близкой к синхронной, **пусковая фаза должна быть отключена**.*

Отметим, что пусковые условия будут лучшими при включении **емкости** в пусковую фазу. Однако необходимая емкость C довольно велика, вследствие чего размеры и стоимость конденсатора также велики. Поэтому конденсаторный пуск применяется сравнительно редко, лишь при необходимости большого пускового момента.

4.1. Пуск двигателя. Опыт холостого хода

Пуск двигателя и опыт холостого хода осуществляются в следующей последовательности: 1) Устанавливают тумблеры $QS1$ и $QS2$ в положение “Включено”, при этом тумблер $QS1$ шунтирует амперметр $PA1$, а тумблер $QS2$ подключает пусковую фазу; 2) Включают магнитный пускатель $QF1$ и устанавливают индукционным регулятором номинальное напряжение $U_{ном} = 220$ В на обмотке статора; 3) После разгона двигателя до скорости близкой к синхронной (скорость контролируется по показанию тахометра) тумблеры $QS1$ и $QS2$ устанавливают в положение “Отключено”; 4) Индукционным регулятором устанавливают на рабочей обмотке напряжение примерно равным $1,1 \cdot U_{ном}$ и измеряют мощность P_x и ток I_x , потребляемые двигателем при холостом ходе; 5) Затем плавно снижают подводимое к двигателю напряжение примерно до $0,6 \cdot U_{ном}$ и записывают показания приборов для 6...8 точек в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Измерение			Расчет						
U_x	I_x	P_x	$\cos \varphi_x$	$P_{\varepsilon 1}$	$P_{\varepsilon 2}$	U_x^2	$P_{mx} + P_{mg}$	P_{mx}	P_{mg}
B	A	Bm	-	Bm	Bm	B^2	Bm	Bm	Bm

По опытным данным необходимо:

1) Построить характеристики холостого хода $I_x, P_x, \cos \varphi_x = f(U_x)$;

Значение коэффициента мощности рассчитывается по формуле $\cos \varphi_x = \sqrt{3} \cdot P_x / 2U_x I_x$.

2) Выполнить разделение потерь мощности при холостом ходе, которые равны:

$$P_x = p_{\varepsilon 1} + p_{\varepsilon 2} + p_{mx} + p_{m\gamma},$$

где $p_{\varepsilon 1}$ - электрические потери в рабочей обмотке, приведенные к рабочей температуре $75^\circ C$; $p_{\varepsilon 2}$ - электрические потери в обмотке ротора (тип обмотки “беличья клетка”); p_{mx} - механические потери; $p_{m\gamma}$ - магнитные потери.

Порядок разделения потерь – см. [раздел 4.2 в описании к Работе №2, с.5, 6](#)¹.

Для разделения потерь необходимо построить зависимость

$$p_{m\gamma} + p_{mx} = P_x - (p_{\varepsilon 1} + p_{\varepsilon 2}) = f(U_x^2).$$

Электрические потери в обмотке статора $p_{\varepsilon 1} = 2I_x^2 R_{l(75^\circ)}$, где $R_{l(75^\circ)}$ - сопротивление *фазы* обмотки статора при рабочей температуре равной $75^\circ C$.

Электрические потери в обмотке ротора на холостом ходу обусловлены током обратной последовательности, индуцированным в обмотке обратным полем. Можно принять, что этот ток составляет половину от тока холостого хода, тогда электрические потери в обмотке ротора определяются из выражения $p_{\varepsilon 2} = I_x^2 R_2' / 4$, где R_2' - приведенное сопротивление обмотки ротора (см. [разд.4.2](#)).

4.2. Опыт короткого замыкания

Опыт короткого замыкания осуществляются в следующей последовательности: 1) Устанавливают тумблер $QS1$ в положение “Включено”, а тумблер $QS2$ в положение “Отключено”. При этом тумблер $QS1$ шунтирует амперметр $PA1$, а тумблер $QS2$ отключает пусковую фазу. Ротор в процессе опыта находится в неподвижном состоянии; 2) Включают магнитный пускатель $QF1$ и устанавливают индукционным регулятором на обмотке статора *пониженное* напряжение U_K (оно составляет примерно 50 В) при котором ток обмотки достигает величины номинального *фазного* тока $I_{ном}$ трехфазного асинхронного двигателя; 3) Измеряют при этом напряжении мощность P_K и ток I_K , потребляемые

¹ Значение омического сопротивления фазы обмотки статора $R_1 = 1,33 \text{ Ом}$

двигателем при коротком замыкании. Показания приборов для *одной* точки заносят в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Измерение			Расчет	
U_K	$I_K = I_{ном}$	P_K	R_K	R_2'
B	A	Bm	Om	Om

Ф о р м у л ы д л я р а с ч е т а величин в табл. 3.2.

Сопротивление короткого замыкания - $R_K = P_K / I_K^2$.

Сопротивление обмотки ротора - $R_2' = R_K - 2R_{l(75^\circ)}$.

4.3. Опыт под нагрузкой. Рабочие характеристики

Опыт под нагрузкой осуществляется в следующей последовательности:

1) Устанавливают тумблеры $QS1$ и $QS2$ в положение “Включено”, при этом тумблер $QS1$ шунтирует амперметр $PA1$, а тумблер $QS2$ подключает пусковую фазу; 2) Включают магнитный пускатель $QF1$ и устанавливают индукционным регулятором номинальное напряжение $U_{ном} = 220$ В на обмотке статора, *его значение поддерживается на протяжении всего опыта*; 3) После разгона двигателя до скорости близкой к синхронной (скорость контролируется по показанию тахометра) тумблер $QS2$ устанавливают в положение “Отключено”;

4) Нагрузкой для исследуемого двигателя служит машина постоянного тока работающая в режиме генератора (см. рис.3.1). Для изменения нагрузки необходимо: а) ввести все секции нагрузочного реостата $RR_{н2}$ в якорной цепи генератора; б) включить магнитный пускатель $QF2$, на обмотке возбуждения установлено напряжение постоянного тока 120 В; в) плавно изменять сопротивление реостата RR_g в цепи возбуждения. В результате изменяется электромагнитный момент генератора M_2 , который направлен навстречу моменту исследуемого двигателя $M_{дв}$;

5) регулируя электромагнитный момент генератора M_2 нагружают двигатель до тока $1,2I_{ном}$ ($I_{ном}$ - номинальный фазный ток трехфазного асинхронного двигателя); 6) измеряют напряжение $U_1 = U_{ном}$, ток I_1 , активную мощность P_1 , потребляемую двигателем, и частоту вращения ротора n . Записывают показания приборов для 5...6 точек в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Измерение				Расчет									
U_1	I_1	P_1	n	$P_{\varepsilon 1}$	$P_{\varepsilon 2}$	$P_{мг}$	$P_{мх}$	$P_{\delta б}$	Σp	s	η	M	P_2
B	A	$Вт$	$\frac{об}{мин}$	$Вт$	$Вт$	$Вт$	$Вт$	$Вт$	$Вт$	-	%	$H \cdot м$	$Вт$

Ф о р м у л ы д л я р а с ч е т а в е л и ч и н в т а б л . 3.3.

Для определения полезной мощности на валу P_2 и коэффициента полезного действия η двигателя воспользуемся методом косвенного определения КПД. Согласно методу вторичная мощность P_2 выражается через первичную мощность P_1 и сумму всех потерь мощности Σp в двигателе:

$$P_2 = P_1 - \Sigma p, \quad (12)$$

а коэффициент полезного действия определяется по формуле:

$$\eta = 100(1 - \Sigma p / P_1), \quad (13)$$

$$\text{где } \Sigma p = p_{\varepsilon 1} + p_{\varepsilon 2} + P_{мх} + P_{мг} + P_{\delta б}. \quad (14)$$

Составляющие потерь мощности определяются по следующим формулам:

1) Электрические потери в обмотке статора определяют по выражению:

$$p_{\varepsilon 1} = 2I_1^2 R_{I(75^\circ)};$$

2) Электрические потери в обмотке ротора *при нагрузке* равны

$$p_{\varepsilon 2} = sP_{эм} = s(P_1 - (p_{\varepsilon 1} + P_{мг})),$$

где s – скольжение ротора двигателя, $s = (n_1 - n) / n_1$; n_1 - синхронная скорость вращения поля, $n_1 = 60 f_1 / p = 1500 \text{ об/мин}$; $P_{эм}$ - электромагнитная мощность двигателя, она передается со статора на ротор через воздушный зазор посредством вращающегося магнитного поля;

3) Механические и магнитные потери мощности, $P_{мх}$ и $P_{мг}$, определены в опыте холостого хода *при номинальном значении напряжения*, подведенного к обмотке статора (см. табл. 3.1);

$$4) \text{Добавочные потери } P_{\delta б} = 0,005 P_1 (I_1 / 1,2 I_{ном})^2,$$

где P_1 – мощность потребляемая из сети при токе обмотки статора $I_1 = 1,2 I_{ном}$.

После определения всех составляющих потерь мощности находят вторичную мощность P_2 (формула 12) и КПД (формула 13).

Вращающий момент двигателя $M = 9,55P_2/n$, Н·м.

Коэффициент мощности двигателя определяется по формуле:

$$\cos \varphi_1 = \sqrt{3} \cdot P_1 / 2U_1 I_1.$$

Все величины рассчитываются при всех измеренных значениях тока статора I_1 .

По опытным и расчетным данным, представленным в табл.3.3, строятся рабочие характеристики исследуемого двигателя - $P_1, I_1, M, \eta, \cos \varphi_1 = f(P_2)$ при $U_1 = U_{ном}$ и $f_1 = 50$ Гц.

5. Содержание отчета

Отчет должен содержать программу лабораторной работы, паспортные данные асинхронного двигателя, схемы испытаний, результаты опытных и расчетных данных, графические зависимости.

6. Контрольные вопросы

1. Объяснить, как образуется вращающий электромагнитный момент при пуске трехфазного двигателя в однофазном режиме.
2. Объяснить порядок пуска трехфазного асинхронного двигателя в однофазном режиме.
3. Как образуется вращающий электромагнитный момент после отключения пусковой обмотки вращающегося двигателя?
4. Объяснить причину повышения потерь в обмотке ротора в однофазном режиме.
5. Почему максимальный момент в однофазном режиме двигателя меньше, чем в трехфазном.
6. Как зависят потери в обмотке ротора от частоты вращения ротора?
7. Какое по характеру сопротивление (**активное, индуктивное или емкостное**) дает наилучшие условия пуска при включении его в цепь пусковой обмотки?

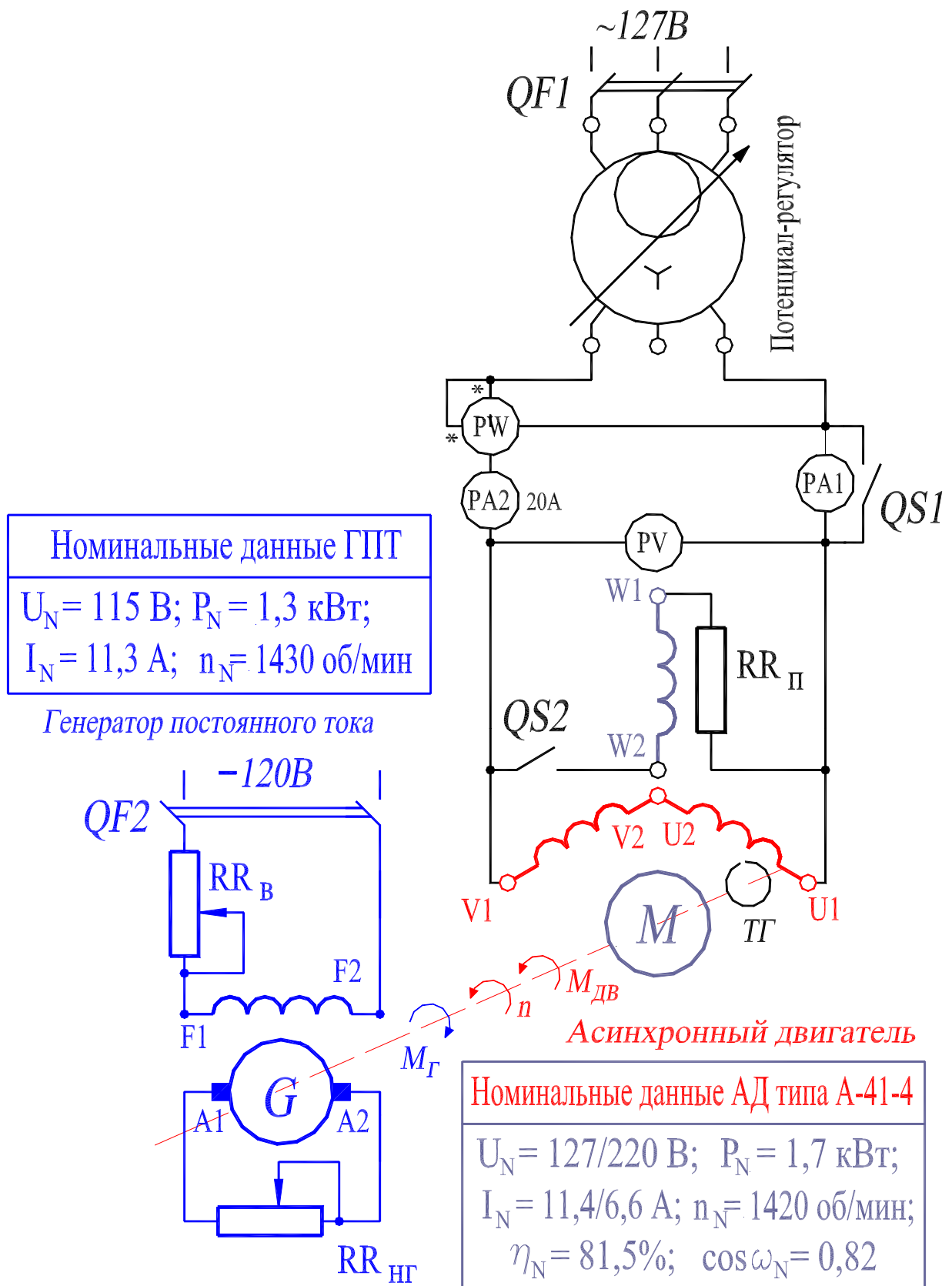


Рис. 3.1. Схема лабораторной установки для исследования трехфазного асинхронного двигателя при однофазном включении с активным сопротивлением