

А-1

Исследование асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором при холостом ходе и коротком замыкании

1. Цель работы

1.1 Целью работы является ознакомление с конструкцией и принципом действия асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

1.2. Ознакомиться с методами пуска в ход.

1.3 Исследование асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором при холостом ходе и коротком замыкании.

2. Программа работы

2.1 Ознакомиться с конструкцией двигателя. Собрать схему..

2.2 Пустить двигатель в ход прямым включение в сеть.

2.3 Пустить двигатель в ход переключением обмотки статора со звезды на треугольник.

2.4 Снять и построить характеристики холостого хода I_0 , P_0 , $\cos\varphi_0=f(U_0)$ при $f_1=f_n=\text{const}$ и $P_2=0$.

2.5 Снять и построить характеристики короткого замыкания I_k , P_k , $\cos\varphi_k=f(U_k)$ при $f_1=f_n=\text{const}$ и $n=0$

3. Порядок выполнения работы и составления отчета

3.1 Пуск двигателя в ход.

В зависимости от мощностей сети и двигателя, применяют либо прямой пуск – непосредственным включением двигателя в сеть, либо пуск при пониженном напряжении.

Одним из методов пуска асинхронного двигателя при пониженном напряжении является пуск с переключением обмотки статора со звезды на треугольник.

При прямом пуске пусковой ток в 4–7 раз больше номинального, поэтому этот способ применяется, обычно, для двигателей малой и средней мощности. При этом кратность пускового момента должна быть $M_n/M_n=(1,1\div 1,4)$.

Прямой пуск осуществляется включением рубильника P_1 (рис. 1.1) при соединении обмотки статора в треугольник. При этом (и в других способах пуска) токовые обмотки измерительных приборов должны быть зашунтированы, а после окончания пуска шунты снимаются.

Схема, показанная на рис. 1, предусматривает переключение со звезды на треугольник. Пуск производится в следующем порядке. В начале переключатель Π ставят в положение Y – обмотка статора соединена в «звезду» и включают двигатель в сеть с помощью рубильника P_1 . При этом, вследствие уменьшения в $\sqrt{3}$ раз приложенного к статору фазного напряжения, пусковой ток будет в 3 раза уменьшен.

После того, как частота вращения ротора двигателя достигает установившейся, переключатель Π переводят в положение Δ – обмотка статора соединена в «треугольник», и напряжение на зажимах обмотки становится равным номинальному, снимаются шунты с приборов и пуск завершен.

Момент асинхронного двигателя зависит от квадрата подведенного напряжения. Поэтому, в рассмотренном способе пуска при уменьшении напряжения в $\sqrt{3}$ раз, пусковой момент уменьшается в 3 раза. Это является одним из недостатков данного способа и ограничивает его применение.

3.2 Опыт холостого хода. Под холостым ходом подразумевают работу двигателя, подключенного к сети и не соединенного с нагрузкой.

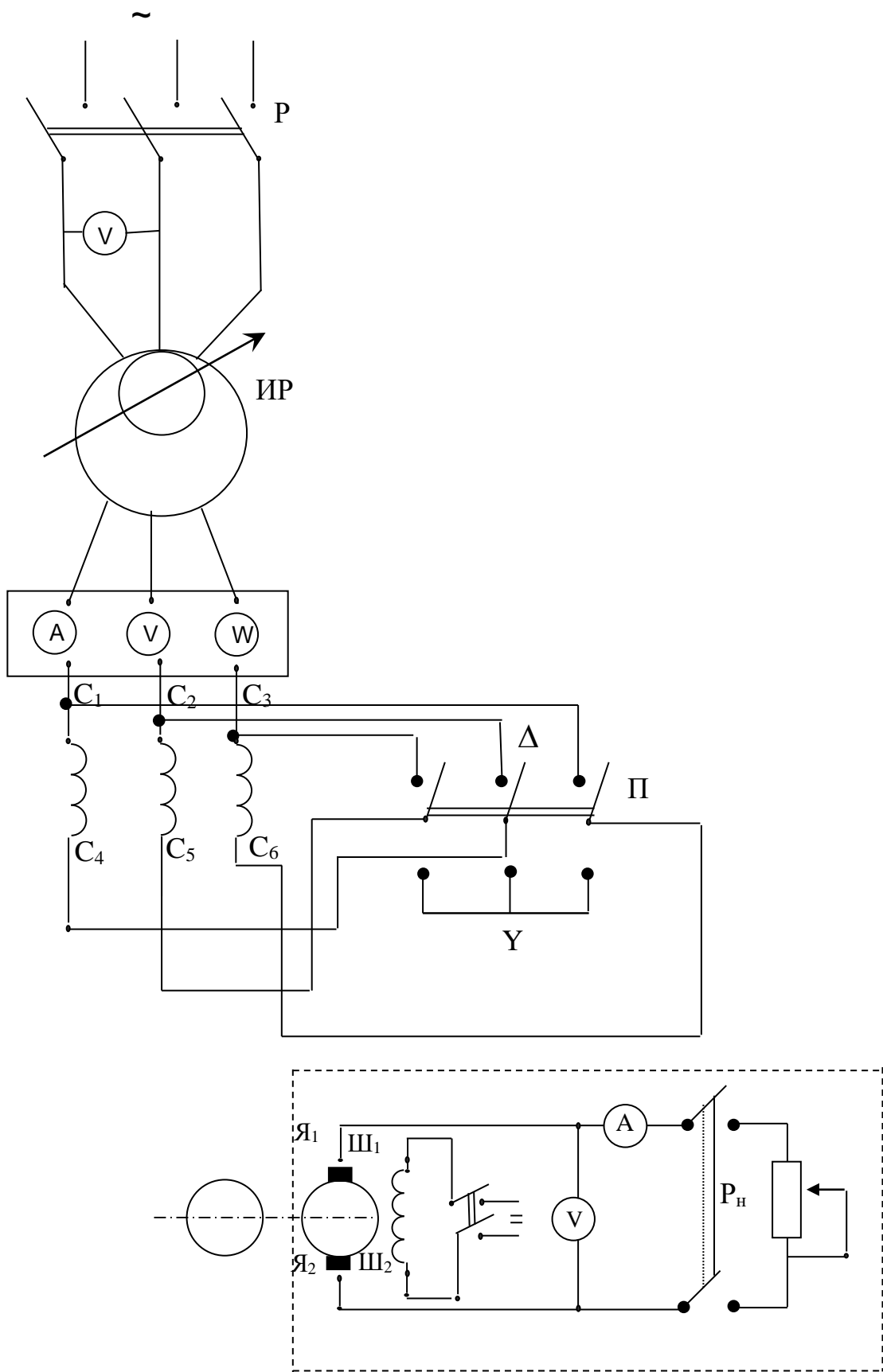


Рис.1.

Опыт холостого хода дает возможность изучить свойства магнитной цепи машины и определить потери, возникающие при холостом ходе.

Для проведения опыта собирается схема, показанная на рис 1. Обмотки статора двигателя присоединяются к источнику питания рубильником Р₁ через индукционный регулятор (ИР), служащий для изменения напряжения на зажимах обмотки статора. Напряжение, ток и активная мощность измеряются при помощи измерительного прибора К-505.

После запуска двигателя напряжение на зажимах двигателя повышается индукционным регулятором до 1.2 U_н, делают первую запись показаний приборов. Дальнейшие записи производят постепенно понижая напряжение индукционным регулятором до возможно низких значений.

Показания измерительных приборов, полученные в процессе проведения опытов, сводятся в таблицу 1.

За действующие линейное значение I₀ и фазное U₀ принимаются среднее арифметические из трех измеренных значений:

$$I_0 = \frac{C_A}{3} (I_A + I_B + I_C); U_0 = \frac{C_V}{3} (U_A + U_B + U_C)$$

где C_A—цена деления амперметра;

C_V—цена деления вольтметра.

Подведенная к двигателю мощность холостого хода P₀ измеряется при помощи трех ваттметров. При использовании измерительного прибора К-505, один ваттметр поочередно переключают во все три фазы машины. Тогда мощность P₀ определяется как сумма показаний ваттметра каждой фазы:

$$P_0 = (P_A + P_B + P_C) \cdot C_w$$

где C_w—цена деления ваттметр;

P_A, P_B, P_C— показания ваттметра.

Коэффициент мощности определяется по формуле:

$$\cos\varphi_0 = P_0 / (3U_0 \cdot I_0)$$

Под данными опыта определить полное сопротивление, активное и индуктивное сопротивления холостого хода $Z_0 = \frac{U_0}{I_0}$; $r_0 = Z_0 \cos\varphi_0$; $x_0 = \sqrt{Z_0^2 - r_0^2}$.

Под данным расчета строят характеристики холостого хода:

$$I_0, P_0, \cos\varphi_0 = f(U_0),$$

Таблица 1.

№ измерений	Опытные данные									Расчетные данные						
	U _A	U _B	U _C	I _A	I _B	I _C	P _A	P _B	P _C	U ₀	I ₀	P ₀	cosφ	z ₀	r ₀	x ₀
	дел	дел	дел	дел	дел	дел	дел	дел	дел	В	А	Вт		Ом	Ом	Ом
1.	C _v =			C _A =			C _w =									
2.																
3.																
4.																
5.																

Таблица 2

№ измерений	Опытные данные									Расчетные данные						
	U_c									U_k	I_k	P_k	$\cos\varphi_k$	Z_k	r_k	X_k
	U_A	U_B	U_c	I_a	I_b	I_c	P_A	P_B	P_c	В	А	Вт		ОМ	Ом	Ом
	дел	дел	дел	дел	дел	дел	дел	дел	дел							
1.	$C_v =$			$C_A =$			$C_w =$									
2.																
3.																
4.																
5.																

показанные на рис.2.

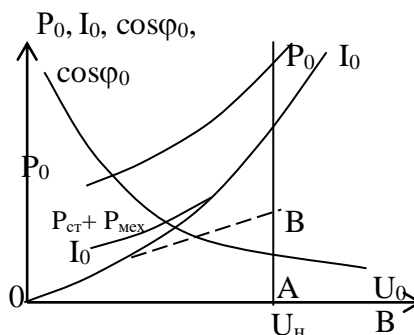


Рис .2

Увеличение $\cos\varphi_0$ со снижением напряжения объясняется, с одной стороны, уменьшением насыщения (как и в трансформаторах), с другой стороны тем, что процентное отношение практически постоянных по величине механических потерь со снижением P_0 возрастает, в связи с чем, при небольших напряжениях двигатель уже работает не на холостом ходу, а с заметной относительной нагрузкой.

3.3 Опыт короткого замыкания. Под коротким замыканием асинхронного двигателя подразумевается питание обмотки статора при замкнутом накоротко и заторможенном роторе. Если, при таких условиях к зажимам двигателя подвести номинальное напряжение, то он будет потреблять ток в несколько раз превосходящий номинальный.

При этом, неподвижный двигатель сильно нагревается и сохранность его изоляции подвергается большой опасности.

По этим причинам ГОСТ 11828–85 требует проводить опыт короткого замыкания до такого напряжения, при котором ток короткого замыкания не превышает номинальный ток в 4 раза в двигателях мощностью до 1000 кВт и в 2 раза в двигателях выше 1000 кВт. Но при таких токах обмотки могут заметно нагреваться. Во избежании чрезмерного нагрева отсчеты во время опыта по приборам должны производиться быстро (в течение не более, чем 10 сек.) для каждой точки.

До приобретения студентами особых навыков проведения опытов, в лаборатории рекомендуется снимать опыт короткого замыкания при пониженном напряжении с таким расчетом, чтобы ток короткого замыкания не превышал значения I_2, I_n .

Схема соединения остается такой же как и для опыта холостого хода (рис. 1.), с тем лишь различием, что ротор должен быть заторможен с помощью тормозного устройства, а пределы измерения приборов необходимо изменить в соответствии с ожидаемыми величинами тока и напряжения.

Сам опыт проводят следующим образом. Установив индукционный регулятор в положение, соответствующее нулевому или минимальному напряжению, замыкают рубильник P_1 . После этого с возможной быстротой повышают напряжение так, чтобы ток достиг величин I_2, I_n и производят первый отсчет.

Таким же образом производятся дальнейшие отсчеты, все время понижая напряжение на зажимах двигателя. Начиная с тока короткого замыкания, равного номинальному и ниже. Обычно по время опытов снимается 5-6 показаний приборов. Результаты замеров сводятся в таблицу 2.

Подведенная мощность P_k , I_k U_k и коэффициент мощности определяются как в опыте холостого хода.

Полное, активное и индуктивное сопротивление короткого замыкания определяются соответственно:

$$Z_k = \frac{U_k}{I_k}; r_k = Z_k \cdot \cos\varphi_k; x_k = \sqrt{Z_k^2 - r_k^2}.$$

Вычисленные данные короткого замыкания заносятся в таблицу 2, на основании которой строятся характеристики короткого замыкания.

Форма характеристик во многом зависит от формы и размеров пазов статора и ротора. Если двигатель имеет открытые или полуоткрытые пазы, то можно считать, что потоки рассеяния статора и ротора распределяются в среде с постоянной магнитной проницаемостью, поэтому индуктивное сопротивление $x_k = \text{const}$. С другой стороны, при постоянной частоте и заданной температуре считаем, что $r_k = \text{const}$. Следовательно, $Z = \text{const}$ и зависимость $I_k = f(U_k)$ представляет собой почти прямую, проходящую через начало координат. Соответственно, $\cos\varphi_k = r_k/Z_k = f(U_k) = \text{const}$, а кривая $P_k = f(U_k)$ представляет собой практически параболу. На рис 3 показаны характеристики, типичные для данного случая.

Контрольные вопросы

1. Чем отличается асинхронная машина с короткозамкнутым ротором от машины с фазным ротором?
2. Объяснить принцип действия асинхронного двигателя.
3. Объяснить по какой причине пусковой ток двигателя в несколько раз превышает номинальный?
4. Перечислить способы пуска в ход двигателя с короткозамкнутым ротором.
5. Объяснить порядок пуска двигателя в ход с переключением обмоток статора со звезды на треугольник.
6. Объясните характер измерения кривой $\cos\varphi_k = f(U_k)$.
7. Объясните характер изменения кривой $\cos\varphi_0 = f(U_0)$.

