**Реферат**

Ускорение научно-технического прогресса требует всемерной автоматизации производственных процессов. Для этого необходимо создать электрические машины, удовлетворяющие по своим показателям и характеристикам, весьма разнообразным требованиям различных отраслей народного хозяйства.

Процесс создания электрических машин включает в себя проектирование, изготовление и испытание. В настоящем курсовом проекте рассматриваются вопросы проектирования электрических машин.

Под проектированием электрических машин понимается, расчет размеров отдельных ее частей, параметров обмоток, рабочих и других характеристик машины, конструирование машины в целом, а также ее отдельных деталей и сборочных единиц, оценка технико-экономических показателей спроектированной машины, включая показатели надежности.

*Основные тенденции в развитии электромашиностроения.*

Усовершенствование методов расчета машин;

Улучшение конструкции машин с придачей узлам и деталям эстетических и рациональных форм, при обеспечении снижения их массы и прочности. Повышение надежности машин, в частности за счет широкого распространения машин закрытого исполнения, в которых для улучшения охлаждения используют обдув наружной поверхности.

Наиболее применяемые степени защиты:

IP22- машина, защищенная от попадания твердых тел размером более 12мм и от капель воды.

IP23- машина, защищенная от попадания твердых тел размером более 12мм и от дождя.

IP44- машина, защищенная от попадания твердых тел размером более 1мм и от водяных брызг (закрытая машина).

Энергетические показатели машин (КПД и cos) в основном сохраняются на одном уровне.

Особо следует отметить повышение технологичности конструкции, осуществляемой широкой унификацией узлов и деталей машин и придания им форм, содействующих возможности применения прогрессивных технологических процессов и усовершенствованного оборудования – автоматических линий, агрегатных станков полуавтоматов, конвейеров и др.

**Введение**

Асинхронные двигатели - наиболее распространенный вид электрических машин, потребляющих в настоящее время около 40% всей вырабатываемой электроэнергии. Их установленная мощность постоянно возрастает.

Потребности народного хозяйства удовлетворяются главным образом двигателями основного исполнения единых серий общего назначения, то есть применяемых для привода механизмов, не предъявляющих особых требований к пусковым характеристикам, скольжению, энергетическим показателям, шуму и т.п. Вместе с тем в единых сериях предусматривают также электрические и конструктивные модификации двигателей, модификации для разных условий окружающей среды, предназначенные для удовлетворения дополнительных специфических требований отдельных видов приводов и условий их эксплуатации. Модификации создаются на базе основного исполнения серий с максимально возможным использованием узлов и деталей этого исполнения.

В некоторых приводах возникают требования, которые не могут быть удовлетворены двигателями единых серий. Для таких приводов созданы специализированные двигатели, например электробуровые, краново-металлургические и др.

Электромашиностроение прошло большой путь развития, начиная от простейшей моделей, созданных полтора века назад на основе открытий М. Фарадея (1821- 1831), до современных электродвигателей и генераторов.

В настоящее время отечественной промышленностью изготовляются асинхронные двигатели мощностью от 0,12 до 400кВт единой серии 4А и мощностью свыше 400 до 1000 кВт – серии 4А, а также серии А1- мощностью от 0,04 до 315 кВт.

Новые серии разработаны с учетом международных норм- рекомендаций МЭК. В области асинхронных двигателей разработка серий проводилась в соответствии с согласованными общими рекомендациями по унифицированной увязки установочных размеров со шкалой мощностей.

**1. Выбор главных размеров и расчёт обмотки статора**

Расчёт асинхронных машин начинают с определения главных размеров: внутреннего диаметра статора и расчётной длины воздушного зазора . Наиболее целесообразным является выбор главных размеров, основанный на предварительном определении высоты оси вращения и увязке этого размера с наружным диаметром статора и последующем расчёте внутреннего диаметра статора.

Высоту оси вращения *h* и соответствующий ей наружный диаметр статора определяют по *таблицам 1 и 2 приложения* для заданных номинальной мощности, числа пар полюсов и исполнения двигателя:

.

Внутренний диаметр статора определяется:

,

где KD – коэффициент, определяется по *таблице 3 приложения*.

Полюсное деление, м:

Расчётная мощность, кВт:

где Р2 – мощность на валу двигателя, кВт;

kЕ – отношение ЭДС обмотки статора к номинальному напряжению, определяется по *рисунку 1 приложения*

Предварительные значения *η* и *соsφ* могут быть взяты по кривым *приложения (рисунок 2 и 3),* построенным по данным двигателей серии 4А.

Предварительный выбор электромагнитных нагрузок *А*, А/м и *Вδ*, Тл должен быть проведён особо тщательно, т.к. они определяют не только расчётную длину сердечника но и в значительной степени характеристики машины. Рекомендации по выбору *А* и *Вδ,*представленные в виде кривых на *рисунках 4 и 5 приложения*, основаны на данных изготовленных двигателей.

Коэффициент полюсного перекрытия αδ и коэффициент формы поля kв предварительно принимают равными:

Предварительное значение обмоточного коэффициента выбирают в зависимости от типа обмотки статора. Для однослойных обмоток =0,95÷0,96; для двухслойных обмоток при 2р=2 принимают =0,90÷0,91, при 2р>2 =0,91÷0,92.

Расчётная длина воздушного зазора, м:

где Ω – синхронная угловая скорость вала двигателя, рад/с:

где - синхронная частота вращения, об/мин;

 - частота питания, Гц.

Критерием правильности выбора главных размеров D и служит отношение , которое должно находиться в пределах, показанных на *рисунке 6 приложения* для принятого исполнения машины. Если λ оказывается чрезмерно большим, то следует повторить расчёт для ближайшей из стандартного ряда большей высоты оси вращения h. Если λ слишком мало, то расчёт повторяют для следующей в стандартном ряду меньшей высоты h.

Для расчёта магнитной цепи помимо необходимо определить полную конструктивную длину и длину стали сердечников статора ( и ) и ротора ( и ). В асинхронных двигателях, длина сердечников которых не превышает 250-300 мм, радиальных вентиляционных каналов не делают. Для такой конструкции ==. В более длинных машинах сердечники подразделяют на отдельные пакеты, разделённые между собой радиальными вентиляционными каналами.

Стандартная ширина радиального воздушного канала между пакетами мм. Число пакетов и их длина связаны с расчётной длиной соотношением:

целое число

При этом число радиальных каналов .

Длина стали сердечника ротора в таких машинах:

Конструктивная длина сердечника статора:

Конструктивную длину сердечника ротора в машинах с h<250 мм принимают равной длине сердечника статора:

=.

Длина стали сердечника ротора

**2. Расчёт обмотки статора**

Число витков фазы обмотки должно быть таким, чтобы линейная нагрузка и индукция в воздушном зазоре как можно ближе совпадали с их значениями, принятыми предварительно при определении главных размеров, а число пазов статора обеспечивало бы достаточно равномерное распределение катушек обмотки.

Тип обмотки статора выбирается по *таблице 4* приложения. Предварительно значения зубцового деления выбирают по *рисунку 7 приложения.* Зона 1 определяет значение дляh≤90 мм; зона 2 – для h≤250 мм; зона 3 – для h≥250 мм.

Возможные числа пазов статора, соответствующие выбранному диапазону :

÷=÷

÷=÷

÷=69/83.

окончательное число пазов статора Z1 следует выбирать в полученных пределах с учётом условий, налагаемых требованиями симметрии обмотки, и желательного для проектируемой машины значения числа пазов на полюс и фазу q. Число пазов статора в любой обмотке асинхронных машин должно быть кратно числу фаз, а число q должно быть целым:

где m – число фаз статора.

Зубцовое деление статора (окончательно), м:

Окончательное значение не должно выходить за указанные на *рисунке 7 приложения* пределы более, чем на 10% и в любом случае для двигателей с h≥56 мм не должно быть менее 6÷7 мм.

Предварительное число эффективных проводников в пазу (при условии, что параллельные ветви в обмотке отсутствуют, а=1):

,

где а – число параллельных ветвей обмотки статора, которое должно быть одним из делителей числа полюсов (например, при 2р=12 возможные значения а=1;2;3;4;6.)

 - номинальный фазный ток обмотки статора, А:

Полученное число округляют до ближайшего целого числа , а для двухслойной обмотки должно быть чётным.

Окончательное число витков в фазе обмотки статора:

Окончательное значение линейной нагрузки, А/м2:

полученное значение должно отличаться от принятого ранее лишь незначительно.

Схему обмотки статора выбирают в зависимости от мощности машины, ориентируясь на конструкцию и предполагаемую технологию укладки обмотки в пазы. В статорах всех двигателей с h≤250 мм и в двигателях с 2р≥10 при h≥280 мм обмотка статора выполняется из круглого обмоточного провода. В двигателях с h≥280 мм при 2р≤8 обмотка – полужёсткая из прямоугольного провода, укладываемая в полуоткрытые пазы.

Обмоточный коэффициент:

,

где - коэффициент укорочения, учитывающий уменьшение ЭДС витка, вызванное укорочением шага обмотки:

,

где β1 – укорочение шага, область наиболее распространённых значений β1=0,79÷0,83 (для двухслойных обмоток), для однослойных обмоток β1 =1

 - коэффициент распределения, учитывающий уменьшение ЭДС распределённой по пазам обмотки по сравнению с сосредоточенной:

Уточнённое значение магнитного потока, Вб:

Индукция в воздушном зазоре, Тл:

Если полученное значение выходит за пределы рекомендуемой области более чем на 5% (*рисунки приложения 4 и 5*), следует принять другое значение числа и повторить расчёт.

Плотность тока в обмотке статора (предварительно), А/м2:

,

где значения (А·J1) для асинхронных двигателей различного исполнения и мощности приведены на *рисунках 8 и 9 приложения*.

Сечение эффективного проводника (предварительно), мм2:

Для высыпных обмоток могут быть использованы обмоточные провода диаметром не более 1,8 мм, однако в современных двигателях для повышения надёжности обмотки и упрощения её укладки в пазы используют провода меньшего диаметра. В обмотках, предназначенных для механизированной укладки, диаметр изолированного провода обычно берут не более 1,4 мм, а при ручной укладке (двигатели с h>160 мм) – не более 1,7 мм. Если расчётное сечение эффективного проводника в машинах со всыпной обмоткой выше значений, соответствующих указанным диаметрам, то эффективный проводник разделяется на несколько элементарных. Для этого по *таблице 15 приложения* подбирается сечение qэл и число элементарных проводников nэл, составляющих один эффективный, таким образом, чтобы диаметр dэл элементарных проводников не выходил за указанные пределы, а их суммарная площадь сечения была близка к расчётному сечению эффективного проводника:

Плотность тока в обмотке статора (окончательно), А/мм2:

**3. Расчёт размеров зубовой зоны статора и воздушного зазора**

Размеры пазов в электрических машинах должны быть выбраны таким образом, чтобы площадь паза соответствовала количеству и размерам размещаемых в нём проводников обмотки с учётом всей изоляции, а значения индукций в зубцах и ярме статора находились в определённых пределах.

Конфигурация пазов и зубцов определяется мощностью машины и типом обмотки. В двигателях серии 4А выполняются только трапецеидальные пазы с углом наклона граней клиновой части β=45° у двигателей с h≤250 мм и β=30° у двигателей с h≥280 мм при 2р=10 и 12.

Ширина зубцов определяется по допустимому значению магнитной индукции в зубце статора (таблица 4 приложения), мм:

где kc – коэффициент заполнения сталью магнитопроводов статора и ротора, kc=0,97 для двигателей с h<355 мм, kc=0,95 для двигателей с h>355 мм.

Высота ярма статора, м:

Размеры паза в штампе:

высота паза, мм:

наибольшая ширина паза, мм:

наименьшая ширина паза, мм:

при β=45°

полученные значения округляют до десятых долей миллиметра.

Высота шлица паза должна быть достаточной для обеспечения механической прочности кромок зубцов, удерживающих в уплотнённом состоянии проводники паза после заклиновки пазов. В двигателях с h≤132 мм принимают =0,5 мм, в двигателях с h≥160 мм =1мм.

Ширину шлица паза , мм принимают по *таблице 5 приложения*.

Площадь поперечного сечения паза в штампе, мм2

,

высота клиновой части паза, мм:

при β=45°

Размеры паза в свету с учётом припусков на шихтовку и сборку сердечников ∆bп и ∆hп (*таблица 6 приложения*):

Площадь поперечного сечения паза для размещения проводников:

где Sиз- площадь поперечного сечения корпусной изоляции в пазу

где bиз- односторонняя толщина изоляции в пазу (для двигателей с h=50÷80 мм bиз=0,2 мм; для h=90÷132 мм bиз=0,25 мм; для h=160 мм bиз=0,4 мм)

Площадь прокладок в пазу, мм2:

- для двигателей с h=180÷250 мм:

Коэффициент заполнения паза

полученное значение является контролем правильности размещения обмотки в пазах, должно находиться в пределах 0,70÷0,75 при ручной укладке и 0,7÷0,72 при механизированной. Снизить , не изменяя главных размеров двигателя можно либо уменьшив при тех же размерах паза, либо увеличив площадь поперечного сечения паза.

Выбор воздушного зазора δ.

Правильный выбор δ во многом определяет энергетические показатели двигателя.

Для двигателей мощностью менее 20 кВт воздушный зазор, м.:

для двигателей средней и большой мощности:

.

Полученное значение воздушного зазора следует округлять до 0,05мм при δ<0,5 мм и до 0,1 мм при δ>0,5 мм.

**4. Расчёт ротора**

Выбору числа пазов ротора следует уделять особое внимание. Исследования, проведённые для изучения влияния соотношений чисел зубцов на статоре и роторе на кривую момента, а также на шумы и вибрации, позволили определить наилучшие сочетания Z1 и Z2 для короткозамкнутых двигателей с различными числами 2р. Рекомендации по выбору Z2 при известных Z1 и 2р приведены в *таблице 7 приложения*.

Внешний диаметр ротора, м.:

Длина ротора, м.:

Зубцовое деление, мм.:

Внутренний диаметр сердечника ротора (при непосредственной посадке на вал равен диаметру вала), м:

где - коэффициент, определяемый по *таблице 8 приложения.*

Ток в стержне ротора, А:

где - коэффициент, учитывающий влияние тока намагничивания и сопротивления обмоток на соотношение I1/I2, определяется по *рисунку 10 приложения*.

νi – коэффициент приведения токов:

Площадь поперечного сечения стержня, мм2:

где J2 – плотность тока, А/м2, в стержнях ротора машин закрытого обдуваемого исполнения; при заливке пазов алюминием выбирается в пределах J2= (2,5÷3,5)·106 А/м2, при защищённом исполнении на 10÷15% выше, причём для машин больших мощностей следует брать меньшие значения плотности тока.

Форма паза короткозамкнутого ротора определяется требованиями к пусковым характеристикам двигателя, его мощностью и числом полюсов. В асинхронных двигателях серии 4А с высотой оси вращения h≤250 мм выполняют грушевидные пазы и литую обмотку на роторе. В двигателях с h<160 мм пазы имеют узкую прорезь со следующими размерами: = 1,0 мм и =0,5 мм при высоте оси вращения h<100 мм; = 1,5 мм и =0,75 мм при высоте оси вращения h=112÷132 мм. В двигателях с h=160÷250 мм выполняют грушевидные закрытые пазы с размерами шлица = 1,5 мм и =0,7 мм.

Высота перемычки над пазом в двигателях с 2р≥4 выполняется равной =0,3 мм, в двухполюсных двигателях = 1,0÷1,5мм.

Допустимая ширина зубца, мм (определяется по допустимой индукции BZ2, Тл, *таблица 9 приложения*):

Размеры паза:

- диаметр верхней части паза, мм:

- диаметр нижней части паза, мм:

условия высококачественной заливки пазов алюминием требуют, чтобы диаметр закругления нижней части паза b2 в двигателях с h≤132 мм был не менее 1,5÷2,0 мм, а в двигателях с h≥160 мм - не менее 2,5÷3,0 мм.

После расчёта размеры паза следует округлить до десятых долей миллиметра.

Полная высота паза, мм:

Уточнённая площадь сечения стержня, мм2:

Плотность тока в стержне, А/мм2:

Расчёт короткозамыкающих колец:

- площадь поперечного сечения, мм2:

=136мм2:

где- плотность тока в замыкающих стержнях, выбирают в среднем на 15-20% меньше, чем в стержнях, А/мм2.

- ток в кольце, А:

,=82А

где - коэффициент приведения токов в кольце к току в стержне:

=7мм

- размеры замыкающих колец:

где - средний диаметр замыкающих колец, мм;

**5. Расчёт магнитной цепи**

Расчёт магнитной цепи проводят для режима холостого хода, при котором для асинхронных машин характерно относительно сильное насыщение стали зубцов статора и ротора.

Магнитная индукция в зубцах статора, Тл:

Магнитная индукция в зубцах ротора, Тл:

Магнитная индукция в ярме статора, Тл:

Магнитная индукция в ярме ротора, Тл:

где - расчётная высота ярма ротора, мм:

- при посадке сердечника непосредственно на вал в двигателях с 2р=2 и 4:

где - диаметр аксиальных каналов ротора, мм;

- число рядов аксиальных каналов.

В двигателях h≤250 мм аксиальных каналов не делают; при h=250 мм =10, =15÷30 мм; при h=280÷355 мм =12, =20÷30 мм, при h≥355 мм =9, =55÷100 мм. Большие значения соответствуют двигателям с большим числом 2р.

Магнитное напряжение воздушного зазора, А:

где - коэффициент воздушного зазора:

Магнитное напряжение зубцовой зоны статора, А:

где - расчётная высота зубца статора, мм, =

HZ – напряжённость поля в зубцах, А/мм, определяется по *таблице 13 приложения* в соответствии с индукцией BZ по кривой намагничивания зубцов для принятой марки стали.

Магнитное напряжение зубцовой зоны ротора, А:

где - расчётная высота зубца ротора, мм,

=.

=.

Коэффициент насыщения зубцовой зоны:

полученное значение позволяет предварительно оценить правильность выбранных размерных соотношений и обмоточных данных проектируемой машины. Если>1,5÷1,6, имеет место чрезмерное насыщение зубцовой зоны; если<1,2, то зубцовая зона мало использована или воздушный зазор взят слишком большим. В обоих случаях в расчёт должны быть внесены соответствующие коррективы.

Магнитное напряжение ярма статора, А:

где - длина средней магнитной линии ярма статора, м:

- напряжённость поля при индукции , определяемая по кривой намагничивания для ярма принятой марки стали, А/м (*таблица 13 приложения*)

Магнитное напряжение ярма ротора, А:

где - напряжённость поля при индукции , определяемая по кривой намагничивания для ярма принятой марки стали, А/м (*таблица 14 приложения*)

- длина средней магнитной линии потока в ярме ротора, м:

- для всех двигателей, кроме двухполюсных, сердечник ротора которых непосредственно посажен на вал (h≤250 мм):

где - высота спинки ротора, мм:

,

Суммарное магнитное напряжение магнитной цепи машины, А:

Коэффициент насыщения магнитной цепи:

Намагничивающий ток, А:

Относительное значение намагничивающего тока:

**6. Расчёт параметров асинхронной машины для номинального режима**

Активное сопротивление фазы обмотки статора, Ом:

,

где - удельное сопротивление материала обмотки при расчётной температуре, Ом·м (*таблица 10 приложения*). Для обмоток с изоляцией класса нагревостойкости В расчётная температура принимается равной 75°С (двигатели с h=50÷132 мм), для обмоток класса нагревостойкости F - 115° (двигатели с h=160÷355 мм).

 - общая длина эффективных проводников фазы обмотки, м:

где - средняя длина витка обмотки, м:

где - длина пазовой части, равна конструктивной длине сердечников машины:

,

- длина лобовой части, м:

 - коэффициент, определяемый по *таблице 11 приложения*;

В – длина вылета прямолинейной части катушек, м. Для всыпной обмотки, укладываемой в пазы до запрессовки сердечника в корпус, В=0,01 м.

 - средняя ширина катушки, м:

 - относительное укорочение шага обмотки статора.

Длина вылета лобовой части катушки, м:

где - коэффициент, определяемый по *таблице 11 приложения*.

Относительное значение активного сопротивления фазы обмотки статора:

Активное сопротивление фазы обмотки ротора, Ом:

где - сопротивление стержня, Ом:

 - полная длина стержня, м, =;

 - сопротивление участка замыкающего кольца, заключённого между двумя соседними стержнями, Ом:

 - средний диаметр замыкающих колец, м;

- площадь поперечного сечения замыкающего кольца, м2.

Активное сопротивление обмотки ротора, приведённое к числу витков обмотки статора, Ом:

Относительное значение:

Индуктивное сопротивление рассеяния фазы обмотки статора, Ом:

где - коэффициент магнитной проводимости пазового рассеяния, определяется в зависимости от конфигурации пазов; для трапецеидальных пазов:

где - коэффициент, для всех однослойных обмоток =1; при двухслойной обмотке с укорочением 2/3≤β<1 ;

 - коэффициент, .

- коэффициент магнитной проводимости лобового рассеяния

где - число пазов на полюс и фазу;

- длина лобовой части катушки, м;

- относительное укорочение шага обмотки.

- коэффициент магнитной проводимости дифференциального рассеяния:

где - коэффициент, определяемый:

- при открытых пазах статора и отсутствии скоса пазов ротора:

- при полузакрытых или полуоткрытых пазах статора с учётом скоса пазов:

где , - зубцовые деления статора и ротора,

 - определяется по кривой *рисунка 11 приложения*;

 - коэффициент скоса, выраженный в долях зубцового деления ротора. При отсутствии скоса пазов =0;

 - определяется по кривым *рисунка 11 приложения* в зависимости от и (при отсутствии скоса – по кривой, соответствующей=0 );

 - коэффициент, определяемый в зависимости от шага обмотки:

для однослойных обмоток ,

для двухслойных обмоток с укорочением 2/3≤<1 .

Относительное значение:

Индуктивное сопротивление фазы обмотки ротора, Ом:

,

где - коэффициент магнитной проводимости пазового рассеяния, определяется в зависимости от конфигурации пазов; для грушевидных пазов:

для номинального режима =1/

 - коэффициент магнитной проводимости лобового рассеяния, рассчитывается в зависимости от размеров и расположения замыкающих колец короткозамкнутой обмотки:

 - коэффициент магнитной проводимости дифференциального рассеяния обмотки короткозамкнутого ротора:

,

где - определяется по кривым *рисунка 11 приложения*.

При большом числе пазов ротора, приходящемся на пару полюсов, ≥10, без заметной погрешности можно принять .

6.10. Приведённое к числу витков первичной обмотки индуктивное сопротивление рассеяния фазы ротора, Ом:

Относительноезначение:

**7. Расчёт потерь и коэффициента полезного действия.**

Потери в асинхронных машинах подразделяют на потери в стали (основные и добавочные), электрические, вентиляционные, механические и добавочные потери при нагрузке.

Основные потери в стали, Вт:

где - показатель степени, определяется по *таблице 12 приложения*;

- удельные потери, Вт/кг, определяются по *таблице 12 приложения*;

и - коэффициенты, учитывающие влияние на потери в стали неравномерности распределения потока по сечениям участков магнитопровода и технологических факторов. Для машин ≤250 кВт принимают =1,6 и =1,8.

 и - индукция в ярме и средняя индукция в зубцах статора, Тл;

 и - масса стали ярма и зубцов статора, кг:

где - высота ярма статора, мм:

- средняя ширина зубца статора, м;

γс – удельная масса стали, = 7,8 · 103 кг/м3.

Электрические потери во всех фазах обмотки статора, Вт:

Электрические потери в обмотке короткозамкнутого ротора, Вт:

Механические и вентиляционные потери, Вт:

- в двигателях с радиальной системой вентиляции без радиальных вентиляционных каналов, с короткозамкнутым ротором и вентиляционными лопатками на замыкающих кольцах, Вт:

,

где =5 при 2р=2; =6 при 2р≥4 для двигателей с ≤ 0,25 мм;

=6 при 2р=2; =7 при 2р≥4 для двигателей с > 0,25 мм.

- в двигателях с внешним обдувом (0,1≤≤0,5 м):

где =1 для двигателей с 2р=2; при 2р≥4.

- в двигателях с радиальной системой вентиляции средней и большой мощности:

где - число радиальных вентиляционных каналов; при отсутствии каналов =0.

Добавочные потери при номинальном режиме (принимаются равными 0,5% номинальной потребляемой мощности), Вт:

Общие потери в двигателе, Вт:

Коэффициент полезного действия при номинальной нагрузке:

**8. Расчёт рабочих характеристик**

Рабочими характеристиками асинхронных двигателей называют зависимости , , , η, ѕ = . Методы расчёта характеристик базируются на системе уравнений токов и напряжений асинхронной машины, которой соответствует Г-образная схема замещения.

Сопротивления схемы замещения, Ом:

Коэффициент схемы замещения:

Активная составляющая тока холостого хода, А:

Расчётные величины:

Принять и рассчитать рабочие характеристики, задаваясь значениями s = 0,005; 0,01; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; …; sн. Результаты вычислений свести в таблицу 1.

