

## Содержание

Введение.....	5
Исходные данные.....	6
1 Выбор синхронного генератора, его основные параметры и система возбуждения.....	8
1.1 Выбор синхронного генератора и его основные параметры.....	8
1.2 Система возбуждения.....	8
1.3 Система охлаждения.....	11
2 Действия оперативного персонала при пуске, синхронизации, наборе нагрузки и останове блока.....	13
2.1 Пуск энергоблока.....	13
2.2 Пуск энергоблока из холодного, неостывшего и горячего состояния.....	14
2.3 Причины планового и немедленного останова.....	15
3 Определение допустимости работы в нормальном режиме.....	16
4 Определение тока возбуждения генератора различными способами.....	18
4.1 Характеристика холостого хода.....	18
4.2 Характеристика короткого замыкания.....	18
4.3 Спряmlенная характеристика холостого хода.....	18
4.4 Графическое определение тока ротора.....	19
4.5 Графическое определение тока ротора по спряmlенной х. х. х.....	21
5 Определение допустимости работы синхронного генератора в режиме компенсатора.....	23
6 Критерии допустимости асинхронного и несимметричного режимов работы генератора.....	24
6.1 Асинхронный режим работы.....	24
6.2 Несимметричный режим работы.....	25
7 Расчет времени пуска и выбега агрегатов секции собственных нужд.....	27
7.1 Выбор двигателей.....	27
7.2 Описание графоаналитического метода определения пуска и выбега.....	27
7.3 Расчет времени пуска и выбега агрегата с вентиляторным моментом сопротивления.....	29
7.4 Расчет времени пуска и выбега агрегата с постоянным моментом сопротивления.....	32
7.5 Проверка двигателя на нагрев.....	34
8 Расчет самопуска для секции собственных нужд.....	38
8.1 Определение самопуска.....	38
8.2 Выбор схемы рабочего и резервного питания с.н.....	39
8.3 Определение агрегатов с.н., участвующих в самопуске.....	42
8.4 Расчет самопуска группы двигателей.....	42
8.5 Расчет самопуска на ЭВМ.....	43
Заключение.....	54
Приложение А (справочное) Библиографический список.....	55

						Лис
Из	Лис	№ докум	Подпис	Дата		т <sub>4</sub>



## Исходные данные

Вид основного топлива электростанции – газ.

Мощность блочного турбоагрегата  $P_{аг.ном} = 220 \text{ МВт}$ .

Мощность турбогенератора  $P_{г.ном} = 220 \text{ МВт}$ .

Состав агрегатов собственных нужд приведены в таблице 1, а принятые обозначения в таблице 2.

Таблица 1 – Состав механизмов собственных нужд

№№ поз.	Агрегат			Механизм					
	Наименование	$K_z$	$P_{\Sigma}$	Кол- во на блок	$P_{расч.ед}$	$n_c$	$m_{с.нач}$	$J$	$p$
		о.е.	кВт	шт.	кВт	об/мин	о.е.	кг·м <sup>2</sup>	о.е.
1	ПН	0,66	8000	1	8000	3000	0,1	225	3
2	ЦН	0,704	2000	2	1000	500	0,09	300	2
3	КН	0,704	1500	3	500	1500	0,12	200	3
4	ВГД	0,616	500	2	250	750	0,12	500	2
5	ДВ	0,554	1600	2	800	750	0,1	2150	2
		0,273	800		400	600			
6	МВ	0,572	1260	2	630	1500	0,16	382	2
7	ДС	0,616	3400	2	1700	500	0,1	5375	2
8	РВ	0,44	1800	1	1800	750	0,1	1125	1
9	БН	0,528	2250	3	750	1500	0,13	270	3
10	М	0,528	4000	4	1000	600	0,92	4634	0
11	Д	0,704	1250	1	1250	500	0,97	4625	0

Таблица 2 – Обозначения, принятые в таблице 1

ПН	Питательный насос
ЦН	Циркуляционный насос
КН	Конденсатный насос
ВГД	Вентилятор горячего дутья
ДВ	Дутьевой вентилятор
МВ	Мельничный вентилятор
ДС	Дымосос
РВ	Резервный возбудитель
БН	Бустерный (багерный) насос
М	Мельница молотковая или барабанная
Д	Дробилка
$K_z$	Коэффициент загрузки
$P_{\Sigma}$	Суммарная мощность данных агрегатов собственных нужд
$P_{расч.ед}$	Расчётная мощность электродвигателя единичного механизма собственных нужд
$n_c$	Синхронная скорость вращения
$m_{с.нач}$	Начальный момент сопротивления
$J$	Момент инерции
$p$	Показатель степени, характеризующий тип механической характеристики

В таблице 3 указан диспетчерский график нагрузки.

ИЗ	Лис	№ докум	Подпис	Дата	Лис № 6
----	-----	---------	--------	------	---------------



# 1 Выбор синхронного генератора, его основные параметры и система возбуждения

## 1.1 Выбор синхронного генератора и его основные параметры

В соответствии с заданием курсовой работы принимается турбогенератор ТВВ-220-2ЕУЗ. Параметры его приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Параметры турбогенератора ТВВ-220-2ЕУЗ

тип турбогенератора	ном. частота вращения	ном. мощность		Uном., кВ	cos(φ)	Iном., кА	ном. режим		схема соед. обмоток статора	число выводов	возбуждение			
		полная МВА	активн. МВт				давл. водорода кПа (кгс/см <sup>2</sup> )	темпер. охл. воды			Uфном, В	Iфх, А	Iфном, А	система
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ТВВ-220-2ЕУЗ	3000	258,3	220	15,75	0,85	8,625	294(3)	33	Y	6	316	1025	2680	ТН

### Продолжение таблицы 4

возбудитель		охлаждение					акт.сопрот.при 15 с		индуктивн. сопр., отн. ед.					емкость на три фазы
тип	Uв.ном, В	Iв.ном, А	обмотка статора	стали статора	обмотка ротора	КПД, %	обмотки статора	обмотки ротора	Xd"	Xd'	Xd	X2	X0	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
ВТ-4000-2УЗ	520	2400/4700	Н/Водой	Н/В	Н/В	98,6	0,00154	0,0878	0,191	0,275	1,88	0,23	0,086	0,315

### Примечание:

1. В типе генератора: Т – турбогенератор, ВВ – водородно-водяное охлаждение обмоток. Число после первого дефиса – номинальная мощность, МВт; число после второго дефиса – количество полюсов; Е – принадлежность к единой унифицированной серии; буква У – для работы в районах с умеренным климатом; цифра 3 – для работы в закрытых помещениях с естественной вентиляцией.

2. Буквой В обозначено водородное охлаждение, Н – непосредственное, Водой – водяное.

3. В типе систем возбуждения ТН – тиристорная система независимого возбуждения с возбудителем переменного тока.

## 1.2 Система возбуждения

У генератора ТВВ-220-2ЕУЗ тиристорная система независимого возбуждения с возбудителем переменного тока. Ее структурная схема приведена на рисунке 1.

Вспомогательный генератор переменного тока GA (типа ВТ-6000) связан непосредственно с валом турбогенератора и питает обмотку возбуждения турбогенератора выпрямленным током через три комплекта тиристорных преобразователей VD1-VD3, собранных по трехфазной схеме. Системы управления тиристорных преобразователей AVD1-AVD3, получая импульсы от APB-G, регулируют режим возбуждения изменением угла регулирования тиристоров в пределах 0—160° (при х. х. 79—81, при номинальном режиме 59, в режиме форсировки 0, при гашении поля 132—137°).

Вспомогательный генератор GA возбуждается по схеме самовозбуждения через выпрямительный трансформатор Тв и тиристорный преобразователь VDGA, собранный также по трехфазной мостовой схеме (на тиристорах типа ТЕ8-320/460-Н-1VУ).

															Лис
															№
Из	Лис	№ докум	Подпис	Дата											8



В схеме возбуждения вспомогательного генератора установлен контактор гашения поля с гасительным резистором  $R_r$ , предусмотренный на случай отказа схемы перевода преобразователя VDGA при гашении поля в инверторный режим.

Начальное возбуждение вспомогательного генератора при пуске агрегата осуществляется от аккумуляторной батареи через добавочный резистор  $R_d$ .

Регулирование возбуждения вспомогательного генератора производится вручную или от АРВ-GA пропорционального действия воздействием на систему управления AVDGA преобразователя VDGA, изменяющую угол регулирования тиристорев. Тиристорные преобразователи VD-1 - VD-3 (тип тиристорев TB8-200/825-H-2Y4) охлаждаются дистиллятом от системы охлаждения генератора, преобразователь VDGA имеет воздушное охлаждение.

Система возбуждения обеспечивает работу турбогенератора в режимах начального возбуждения, х. х., нагрузки, форсировку возбуждения и гашение поля.

Операция начального возбуждения начинается включением контактора гашения поля в схеме возбуждения вспомогательного генератора и переводом преобразователя VDGA из инверторного режима в выпрямительный (релейная аппаратура преобразователей на схеме не показана). После подачи напряжения от аккумуляторной батареи напряжение возбудителя увеличивается до 10%  $U_{в.ном}$ , затем отключаются цепи от аккумуляторной батареи и продолжается самовозбуждение возбудителя. После того как  $U_v$  станет равным  $0,7U_{в.ном}$ , переводятся в выпрямительный режим тиристорные преобразователи VD1 - VD3 в цепи обмотки возбуждения генератора, вступает в действие АРВ возбудителя и устанавливает номинальное напряжение на обмотке возбуждения генератора, соответствующее х. х. Устройство АРВ турбогенератора поддерживает заданное напряжение на его выводах при подготовке его к включению.

Изменение режима возбуждения работающего турбогенератора производится воздействием на уставку устройства ПУН АРВ-G, а при работе без АРВ — непосредственным воздействием на аппаратуру панели систем управления тиристорных преобразователей.

В процессе эксплуатации при осмотрах аппаратуры системы возбуждения следует особое внимание уделять проверке распределения токов между параллельно включенными тиристорными преобразователями, надзору за появлением течей в системе их охлаждения, контролю за температурой дистиллята на входе (должна быть в пределах 20—40°C), за перепадом давлений дистиллята (1,5 кгс/см<sup>2</sup>), расходом дистиллята (на три преобразователя он должен быть не менее 12 доз/ч) и т. д. Не реже 1 раза в год должно быть проверено напряжение срабатывания защитного разрядника (2400В).

В системе возбуждения предусмотрены защиты с действием на гашение поля турбогенератора, гашение поля вспомогательного генератора, возможность автоматического и ручного регулирования возбуждения, ограничение тока возбуждения или запрет форсировки, съём управляющих импульсов с тиристорных преобразователей, включение защитного сопротивления параллельно обмотке возбуждения турбогенератора.

Не допускается работа турбогенератора: длительно без АРВ-G; с системой возбуждения, имеющей один из трех параллельно включенных тиристорных преобразователей; с замыканием на землю в цепях возбуждения.

Все тиристорные системы возбуждениям АРВ сильного действия обеспечивают пуск генератора с включением в сеть методом точной синхронизации или самосинхронизации, эксплуатационные режимы от х. х. до номинальной нагрузки, режимы форсировки (кратность  $2U_{в.ном}$  и  $2I_{в.ном}$ ), гашение поля и развозбуждение.

Эксплуатация тиристорных возбудителей достаточно проста. Подготовка их к работе заключается в том, чтобы обеспечить нормальную работу системы охлаждения и собрать электрические схемы. В схемах охлаждения тиристорных преобразователей предусмотрены контроль протока воды через охладители с помощью струйных реле, контроль перегорания силовых предохранителей, устройство ограничения степени и длительности форсировки возбуждения.

									Лис
									№10
Из	Лис	№ докум	Подпис	Дата					

При появлении сигналов о возникших ненормальностях в работе вспомогательных устройств системы возбуждения должны быть немедленно приняты меры к их устранению в соответствии с местными инструкциями. Должны быть обеспечены особые меры надежности питания систем управления от шин с. н. 380 В, так как прекращение питания вызывает автоматический вывод из работы тиристорного преобразователя.

Во время нормальной остановки турбогенератора отключение тиристорной системы возбуждения производится после разгрузки генератора по активной и реактивной мощности.

Тиристорные возбудители просты и надежны в эксплуатации, имеют стабильные характеристики и являются наиболее перспективными. Тиристорные возбудители сохраняют работоспособность при глубоких посадках напряжения, что важно для обеспечения устойчивости при близких к.з. [1, § 2-4].

### 1.3 Система охлаждения

Турбогенераторы с непосредственным охлаждением водой обмотки статора и водородом обмотки ротора являются в настоящее время наиболее совершенными электрическими машинами, вырабатывающими электрическую энергию. Вода обладает теплоемкостью, теплопроводностью и теплоотводящей способностью, намного превосходящими аналогичные физические свойства воздуха и водорода. Это позволяет интенсивно отводить теплоту при более высоких плотностях тока в обмотках, а следовательно, выполнять генераторы большей мощности без существенных изменений их габаритов.

В турбогенераторах серии ТВВ мощностью 165—1200 МВт водой охлаждается только обмотка статора; сердечник статора и обмотка ротора охлаждаются водородом, как и в генераторах серии ТВФ.

Для непосредственного охлаждения обмотки статора часть элементарных проводников стержней выполнена с внутренними каналами для циркуляции воды. Эти полые проводники имеют большие размеры, и поле пазового рассеяния наводит в них вихревые токи, создающие повышенные добавочные потери. Для уменьшения потерь, остальные проводники выполняются сплошными.

Вода, используемая для охлаждения обмотки статора, находящейся под высоким напряжением, должна обладать хорошими диэлектрическими свойствами. Поэтому для охлаждения применяют дистиллят (обессоленную воду). Благодаря высокой теплоотводящей способности воды ее температура практически равна температуре охлаждаемого проводника; следовательно, путем изменения температуры воды и ее количества можно регулировать температуру обмотки таким образом, чтобы поддерживать равенство температур меди и изоляции. Это необходимо для предотвращения перемещения вследствие температурного расширения меди обмотки относительно изоляции. При непосредственном водяном охлаждении распределение температуры вдоль обмотки получается значительно более равномерным, чем при непосредственном газовом охлаждении.

Конструкция турбогенератора серии ТВВ показана на рисунке 2.

Внутри корпуса статора установлены два кольцеобразных коллектора со стороны турбины, соответственно для подачи и слива воды. Коллекторы представляют собой кольцевые медные трубы, расположенные на опорных изоляторах, которые крепятся к нажимной плите статора. Соединение коллекторов с внешним трубопроводом осуществляется с помощью проходных изоляторов. (Изоляция коллекторов от корпуса позволяет измерять сопротивление изоляции обмотки статора при заполнении полых проводников водой. Вода подается (и отводится) в головки стержней через шланги из электроизоляционного материала. Из каждой головки вода поступает одновременно в два стержня и двумя параллельными потоками проходит к головкам обмотки со стороны контактных колец.

						Лис
						№ 1
Из	Лис	№ докум	Подпис	Дата		

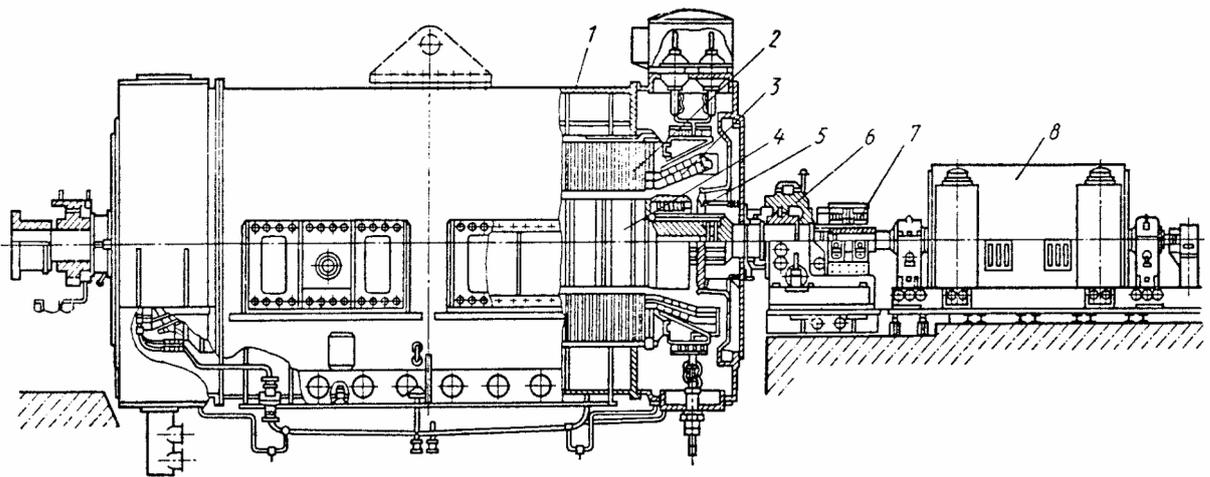


Рисунок 2- Продольный разрез турбогенератора серки ТВВ с непосредственным охлаждением обмоток статора водой и обмотки ротора водородом:

- 1 — корпус статора; 2 — сердечник статора; 3 — обмотка статора; 4 — ротор; 5 — вентилятор; 6 — подшипник; 7 — аппарат щеткодержателей; 8 — возбуждатель

Здесь вода переходит через медные соединительные трубки в последующие стержни и по ним в обратном направлении возвращается в кольцевой коллектор нагретой воды. Выводы обмотки статора и соединительные шины также охлаждаются водой. Нагретая вода из коллектора подается в теплообменники, где охлаждается. Вода в системе охлаждения непрерывно механически и химически обрабатывается. Убыль воды пополняется конденсатом из паротурбинной установки.

Турбогенераторы серии ТВВ имеют различные схемы газового охлаждения сердечника статора.

Первые турбогенераторы ТВВ-320-2 имели однострунную радиальную систему вентиляции, работающую по вытяжной схеме, но четыре газоохладителя расположены в них вертикально. Недостатком радиальной схемы является неравномерное распределение газа в каналах по длине сердечника и связанное с этим повышение температуры газа в зазоре, что ухудшает условия охлаждения самовентилирующегося ротора. Поэтому для последующих генераторов ТВВ-320-2, а также для ТВВ-165-2 и ТВВ-500-2 была применена однострунная радиально-тангенциальная схема вентиляции. Холодный газ из входных отсеков проходит в радиальные каналы сердечника, охлаждает его и поступает в зазор. Здесь газ перемещается в тангенциальном направлении и опять через радиальные каналы сердечника поступает в выходные отсеки нагретого газа. Радиальный поток водорода охлаждает также массивный медный кольцевой экран, расположенный непосредственно под нажимной плитой на нажимных пальцах. Экран снижает перегрев крайних пакетов статора от вихревых токов, создаваемых полями лобового рассеяния.

В машинах поздних выпусков, от ТВВ-165-2 до ТВВ-500-2, применена более совершенная двухструнная схема охлаждения лобовых частей.

Входные отверстия расположены в угловых частях витков, и через них холодный газ подается раздельно в продольные и тангенциальные части. Поток газа, проходящий по тангенциальным частям, через отверстия в витках выходит к валу, проходит в пазы в больших зубцах ротора и далее выбрасывается в зазор. Для создания входных и выходных зон газа под лобовыми частями имеются перегородки с резиновым уплотнением [7, § 1-6].

						Лис
						№2
Из	Лис	№ докум	Подпис	Дата		

## 2 Действия оперативного персонала при пуске, синхронизации, наборе нагрузки и останове блока [1, § 3-2; 8, § 5-1; 9, § 4-1, 4-2; 10, § 6-1]

### 2.1 Пуск энергоблока

Пуск генератора является ответственной операцией в процессе включения его в работу.

Процедура пуска энергооборудования разбивается на несколько этапов: подготовку к пуску, растопку котельного агрегата, прогрев паропроводов и запорной арматуры, прогрев турбины, синхронизацию генератора, нагружение турбогенератора.

В нормальных условиях подготовка к пуску турбогенератора должна начинаться заблаговременно, после окончания монтажных или ремонтных работ. К подготовительным работам перед пуском турбогенератора относятся: выполнение тщательного осмотра агрегата и его вспомогательного оборудования систем маслоснабжения, систем охлаждения, систем возбуждения, состояния первичных и вторичных электрических цепей защит, коммутационной аппаратуры, проверка состояния изоляции обмоток статора, ротора, цепей возбуждения и всего вспомогательного электрического оборудования.

В процессе растопки котельного агрегата и повышения параметров пара должен поддерживаться надежный гидравлический и температурный режим парогенерирующих экранов. Прогрев оборудования при его пусках не должен вызывать опасных температурных напряжений и тепловых ударов.

В электрической части перед пуском генератора необходимо проверить полное окончание всех работ. Если он был в ремонте, тщательно осмотреть собственно генератор, его камеру выводов, ячейку распределительного устройства со всей аппаратурой, проверить состояние щеточных аппаратов, проконтролировать давление воды в подводящих магистралях и газоохладителях, исправность элементов системы водяного охлаждения обмоток генератора, выпрямительных установок систем возбуждения и пр. Все детали операций при осмотре предусматриваются местными инструкциями в зависимости от особенностей оборудования. Производится опробование коммутационных аппаратов (АГП, выключателей), проверяется действие всех устройств сигнализации и защиты.

Перед пуском генератора должна быть проведена проверка состояния изоляции. После проверки состояния изоляции генератора и всего электрического вспомогательного оборудования начинается последовательное включение в работу вспомогательных механизмов систем маслоснабжения подшипников и охлаждения агрегата.

Важным моментом при пуске, требующим серьезного внимания персонала, является толчок ротора турбогенератора. При прослушивании турбогенератора не должно быть появления стука, задевания во всех механических узлах. С появлением металлического задевания вращающихся частей генератора, повышенной вибрации, нарушения нормальных параметров систем маслоснабжения уплотнений и подшипников, системы охлаждения, повышенных нагревов машины должны быть приняты меры к их устранению, после чего можно продолжить пуск турбогенератора.

Скорость подъема частоты вращения турбоагрегата определяется условиями прогрева турбины. Критические скорости для роторов турбины и генератора, известные для каждого агрегата, необходимо проходить при подъеме частоты вращения без задержек во избежание появления опасных вибраций агрегата. При пуске генератора после капитальных ремонтов по мере увеличения частоты вращения должно проводиться измерение сопротивления изоляции обмотки ротора при разных частотах вращения для выявления возможных дефектов изоляции, которые могут проявиться под действием центробежных сил.

После достижения номинальной частоты вращения агрегата персонал должен убедиться в отсутствии ненормальных отклонений в работе вращающихся частей генератора и перейти к операциям по подготовке включения генератора в сеть.

						Лис
						№ 3
Из	Лис	№ докум	Подпис	Дата		

Скорость повышения напряжения на генераторах не ограничивается; запрещается возбуждение генераторов с водяным охлаждением обмоток при отсутствии циркуляции воды в обмотках.

При необходимости перед включением генератора в сеть проводится фазировка.

Синхронные генераторы могут включаться на параллельную работу способом точной синхронизации и способом самосинхронизации.

## 2.2 Пуск энергоблока из холодного, неостывшего и горячего состояния

«Холодным» называют состояние оборудования после продолжительных простоев, когда котел охлаждается настолько, что давление среды в нем близко к атмосферному, а температура наиболее горячих узлов турбины (например, паровпуска ЦВД) не превышает 150 °С. Это состояние достигается обычно после простоя в течение 3—5 суток.

«Горячим» называют состояние оборудования при простоях до 8 ч после остановки, когда в котле еще сохраняется избыточное давление среды, а температура наиболее горячих узлов турбины равна 400—420 °С.

При температуре ЦВД 150-260°С применяется пуск из неостывшего состояния. Такая температура может быть после простоя энергоблока от 24 до 36 часов.

Из холодного состояния энергоблок пускают с последовательным нарастанием выработки пара и его параметров. Свежий пар в турбину подают перегретым не менее чем на 50°С по сравнению с температурой насыщения. В неостывшую турбину при пуске подают пар с температурой за паровыпускными клапанами выше температуры наиболее нагретых частей турбины на 50°С и более.

Пуск энергоблока из холодного состояния включает в себя следующее:

1. Производится растопка котла, то есть плавный прогрев толстостенных элементов котла (коллекторов, барабана котла, паросборной камеры, пароводов).

2. Плавный прогрев толстостенных элементов турбины – пароперепускные трубы, стопорный клапан, цилиндр турбины, ротор турбины, при этом строго контролируется относительное перемещение ротора относительно турбины и соблюдается критерий надёжности турбины.

3. Подготовка толчковых параметров пара перед турбиной. При достижении температуры 280-300°С и давления пара 20 атм в зависимости от мощности турбины, производится плавный толчок турбины путём открытия стопорного клапана и регулировочного клапана турбины для подъёма оборотов до уровня 500 об/мин. После прослушивания плавно поднимаются обороты до уровня 1100-1200 об/мин с последующей выдержкой на этих оборотах около 40 минут для прогрева турбины и прослушивания.

4. Плавный подъём оборотов с 1200 до 3000 об/мин, при этом должны быть быстро пройдены критические числа оборотов. После стабилизации частоты вращения производится замер вибрации турбины и температуры подшипников (не более 80°С), а также производится контроль тепломеханического состояния турбины.

5. Подготовка и запуск генератора.

Пуск из неостывшего состояния осуществляется точно также как из холодного. Толчковые параметры острого пара подбираются в зависимости от температурного состояния паровпуска ЦВД, при этом температура острого пара должна быть выше температуры самой нагретой части турбины или паровпуска на 80-100°С. При выходе на частоту вращения турбины порядка 1000-1200 об/мин выдержка для прогрева составляет 30 мин. при выходе на частоту вращения 3000 об/мин необходимо следить за вакуумом в конденсаторе. Он должен быть не ниже 0,88% и в последствии вакуум должен расти.

										Лис
										№ 4
Из	Лис	№ докум	Подпис	Дата						

При пуске из горячего состояния обороты в турбине поднимают вначале до 500 об/мин – для прослушивания, а потом плавно в течение 15 мин до 3000 об/мин. При этом вакуум в конденсаторе должен составлять 0,9-0,96 %.

### 2.3 Причины планового и немедленного останова

Причины планового останова:

1. планово-предупредительный ремонт;
2. изменение графика нагрузки (например при переходе на летнее время).

Причины немедленного останова блока действием защиты или персонала:

1. при возникновении междуфазных коротких замыканий во внешней сети, на аппаратах и ошиновке генераторного присоединения или в самом генераторе последний автоматически отключается соответствующей релейной защитой;
2. для турбогенераторов мощностью 150 МВт и более работа с заземлением одной фазы недопустима, и при срабатывании защиты нулевой последовательности на стороне генераторного напряжения на сигнал генератор должен быть без осмотра разгружен и отключен от сети;
3. турбогенератор должен быть немедленно отключен от сети автоматом безопасности турбины при появлении дыма, огня, угрозы жизни людей, аварийно нарастающей вибрации;
4. в случае появления резкого отклонения теплового режима генератора (увеличение перегрева активных частей, увеличение температуры охлаждающего газа), если проверка состояния устройств системы охлаждения и принятые меры не дали результатов, генератор следует разгрузить и отключить от сети;
5. если турбина разрешает работу в беспаровом режиме в течение некоторого времени, но возбуждение восстановить невозможно, генератор должен быть немедленно отключен от сети.

Согласно ПТЭ п 4.5.18. Блок должен быть немедленно остановлен действием защит или персоналом в случаях:

- а) остановка котла моноблока или обоих котлов дубль блока;
- б) отключения турбины, связанного с ее повреждениями или опасными нарушениями режима работы;
- в) отключения генератора или трансформатора блока из-за внутреннего повреждения;
- г) отключения всех питательных насосов;
- д) образования сквозных трещин или разрыва тельного трубопровода, паропровода, корпуса деаэратора;
- е) потери напряжения на всех приборах теплотехнического контроля;
- ж) пожара, угрожающего обслуживающему персоналу или оборудованию.

									Лис
									№ 15
Из	Лис	№ докум	Подпис	Дата					

### 3 Определение допустимости работы в нормальном режиме

Нормальными режимами генератора являются такие, при которых он работает с номинальными параметрами, указанными на заводском щитке и паспорте, или с отклонениями от них, но в пределах, допустимых по ГОСТ или техническим условиям. К основным параметрам генератора относятся: полная мощность, напряжение и ток статора, ток ротора, коэффициент мощности, частота, температура и давление охлаждающей среды. В нормальных условиях для обеспечения длительной бесперебойной работы генератора эти параметры должны строго выдерживаться [10, § 5-2].

Для анализа режимов генератора пользуются диаграммой мощности, приведённой на рисунке 3.

Вначале строятся вектора  $U_n$ ,  $I_n \cdot x_d$ ,  $E_{qn}$ . Затем, вектора умножаются на  $U_n/x_d$ . Получается, что отрезок АВ соответствует активной мощности генератора; ОВ – реактивной; ОА – полной. Таким образом возможен анализ режимов генератора с помощью векторной диаграммы.

Дуга, образованная вращением вектора АС, ограничивает зону по нагреву ротора; ОА – по нагреву статора; ВD – зона по нагреву торцевых зон; EF – зона ограничения по устойчивости. При изменении режима работы генератора положения векторов меняется, то есть изменяется положение точки А. В зависимости от того в какой области диаграммы данная точка находится можно судить о том, работает ли генератор без перегрузок, т.е. точка А лежит в области, ограниченной вышеуказанными кривыми, или же генератор перегружен, т.е. точка А лежит за пределами данной области.

На диаграмме мощности нанесены точки всех режимов:

- без «'» - точки заданного режима генератора;
- со «'» - точки рекомендуемого режима работы генератора.

В таблице 5 приведены результаты анализа графика нагрузки, оценка режима в каждой точке и возможные действия персонала по его изменению.

Таблица 5 – Анализ диспетчерского графика нагрузки

Номер точек	t час	Исходные данные				Рекомендуемые		Примечание
		P %	cos φ	P МВт	Q Мвар	P МВт	Q Мвар	
1	0 - 4	55	-0,85	121	-74,99	121	-61	Примечание 1
2	4 - 8	95	0,8	209	156,75	209	145	Примечание 2
3	8 - 12	ном	1,0	220	0	220	0	Примечание 3
4	12 - 16	85	0,65	187	218,63	187	160	Примечание 4
5	16 - 20	100	ном	220	136,34	220	136,34	Примечание 5
6	20 - 24	105	ном	231	143,16	231	116	Примечание 6

Примечания:

1. Генератор статически неустойчив. Необходимо уменьшить потребление реактивной мощности.
2. Генератор работает с перегрузкой по ротору и по статору. Необходимо уменьшить выработку реактивной мощности за счёт уменьшения тока в обмотке возбуждения.
3. Генератор работает без перегрузок. Изменение режима работы не требуется.
4. Генератор работает с перегрузкой по ротору. Необходимо уменьшить выработку реактивной мощности за счёт уменьшения тока в обмотке возбуждения.
5. Генератор работает с номинальными параметрами. Изменение режима работы не требуется.
6. Генератор работает с перегрузкой по ротору и по статору. Необходимо уменьшить выработку реактивной мощности за счёт уменьшения тока в обмотке возбуждения.

									Лис
									№ 6
Из	Лис	№ докум	Подпис	Дата					

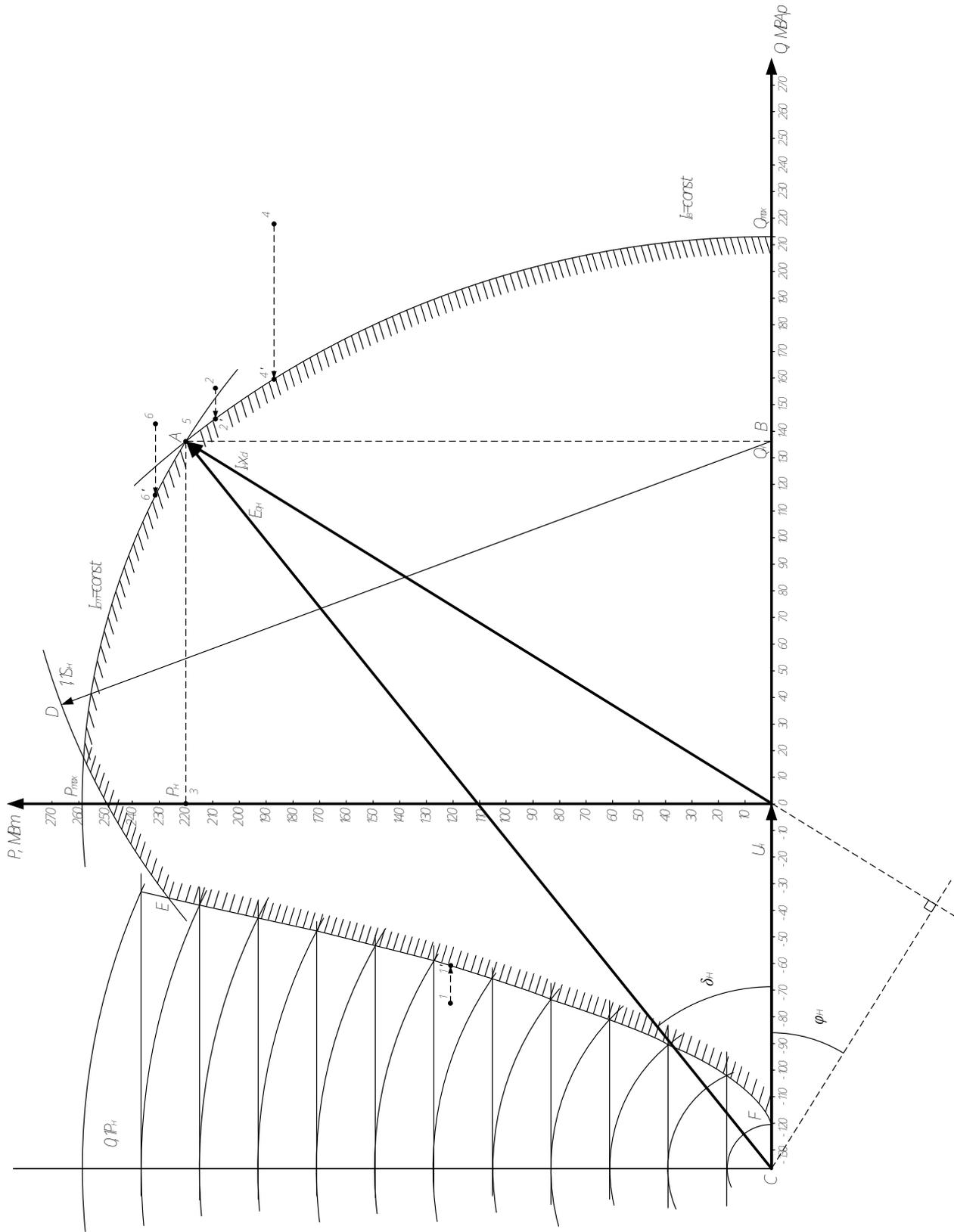


Рисунок 3 – Диаграмма мощностей

Из	Лис	№ докум	Подпис	Дата
м	т		ь	

## 4 Определение тока возбуждения генератора различными способами

### 4.1 Характеристика холостого хода

Характеристика холостого хода, представленная на рисунке 4,  $U=f(i_{в0})$  при  $I=0$  и  $n=const$  определяет зависимость напряжения  $U$  или э. д. с.  $E_0$  от тока возбуждения.

Снятие характеристики производится при разомкнутых выводах обмотки статора.

Нелинейность характеристики объясняется явлением насыщения магнитной цепи машины при росте  $I_{в}$ , что особенно проявляется в области выше  $U_{ном}$ .

Средняя штриховая х. х. х. представляет собой расчетную х. х. х. В таблице 6 представлены значения нормальной (расчетной) характеристики холостого хода [1, § 2-1, 5, § 11-2].

Таблица 6

$i_{в0}$ , о.е.	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
$U$ , о.е.	0	0,58	1,0	1,21	1,33	1,4	1,46	1,51

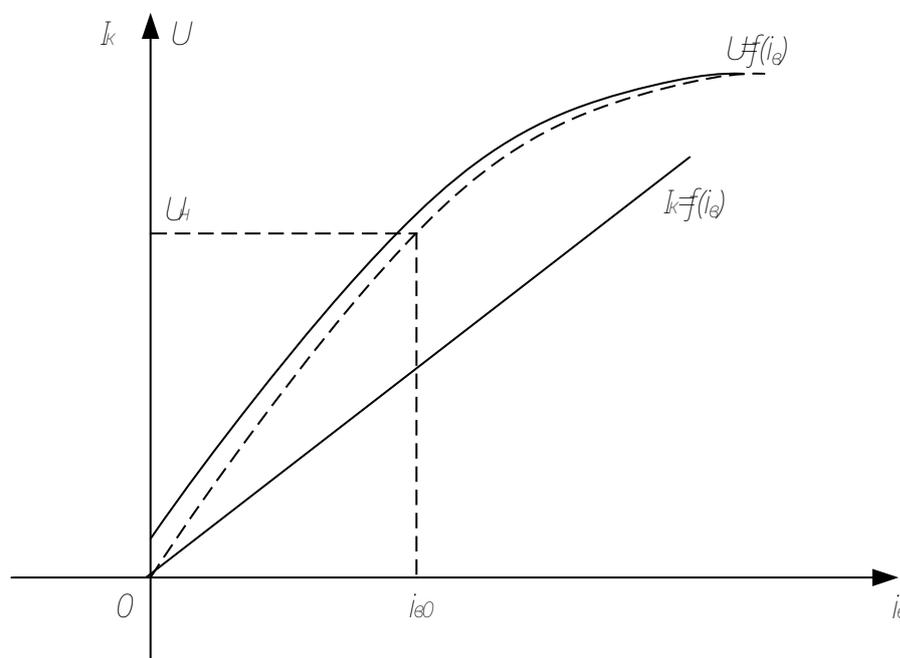


Рисунок 4 - Характеристика холостого хода и короткого замыкания

### 4.2 Характеристика короткого замыкания

Характеристика короткого замыкания ( рисунок 4 )  $I_k=f(i_{в0})$  при  $U=0$  и  $n=const$  снимается при замкнутых выводах генератора. Прямолинейность х. к. з. указывает на то, что магнитное состояние генератора в режиме установившегося к.з. близко к ненасыщенному [1, § 2-1].

### 4.3 Спрямленная характеристика холостого хода

Существует 2 вида спрямленных характеристик: ненасыщенная (проводится как касательная к началу нормальной характеристики холостого хода) и насыщенная (проводится через начало координат и точку с координатами (1;1)).

									Лис
									№ 8
Из	Лис	№ докум	Подпис	Дата					

#### 4.4 Графическое определение тока ротора

Графически ток ротора можно определить из диаграммы Потье, представленной на рисунке 5. Диаграмма строится в о.е. На одной координатной плоскости строятся характеристики холостого хода и короткого замыкания (по известному значению  $OKЗ=1/x_d$ ).

Напряжение статора  $U$  откладывается по оси ординат, направление тока  $I$  под углом  $\varphi_n$  к  $U$ , э. д. с.  $E_\sigma$  определяется как геометрическая сумма  $U$  и падения напряжения в сопротивлении рассеяния  $I \cdot x_\sigma$  ( $x_\sigma = x''_d - 0,025$ ).

Из начала координат проводится дуга, радиусом  $E_\sigma$ , до пересечения с осью ординат, далее на х.х.х. и на ось абсцисс (точка  $C$  на рисунке 5). Из т.С под углом  $\gamma + \varphi_n$  откладывается луч,  $CD=AE$ . Проводится дуга, радиусом  $OD$ , до пересечения с осью абсцисс, тогда  $OK=i_{вн}$ .

$OA$  – отрезок, пропорциональный току возбуждения ротора для создания намагничивающей силы рассеяния.  $OC$  - отрезок, пропорциональный току возбуждения ротора для создания намагничивающей силы зазора.  $AE$  - отрезок, пропорциональный току возбуждения ротора для создания намагничивающей силы якоря.

Из диаграммы Потье определяется  $i_{вн}^* = 2,64$  о.е.

В именованных единицах  $i_{вн}$ , А

$$i_{вн} = i_{вн}^* \cdot i_{вн0}, \quad (1)$$

где  $i_{вн0} = 1025$  А - ток холостого хода;

$$i_{вн} = 2,64 \cdot 1025 = 2706 \text{ А.}$$

Погрешность при сравнении со справочным значением тока возбуждения составляет

$$\Delta i_{вн} = \frac{i_{вн} - i_{вн.спр}}{i_{вн.спр}} 100\%, \quad (2)$$

$$\Delta i_{вн} = \frac{2706 - 2680}{2680} 100\% = 0,97\% .$$

									Лис
									79
Из	Лис	№ докум	Подпис	Дата					

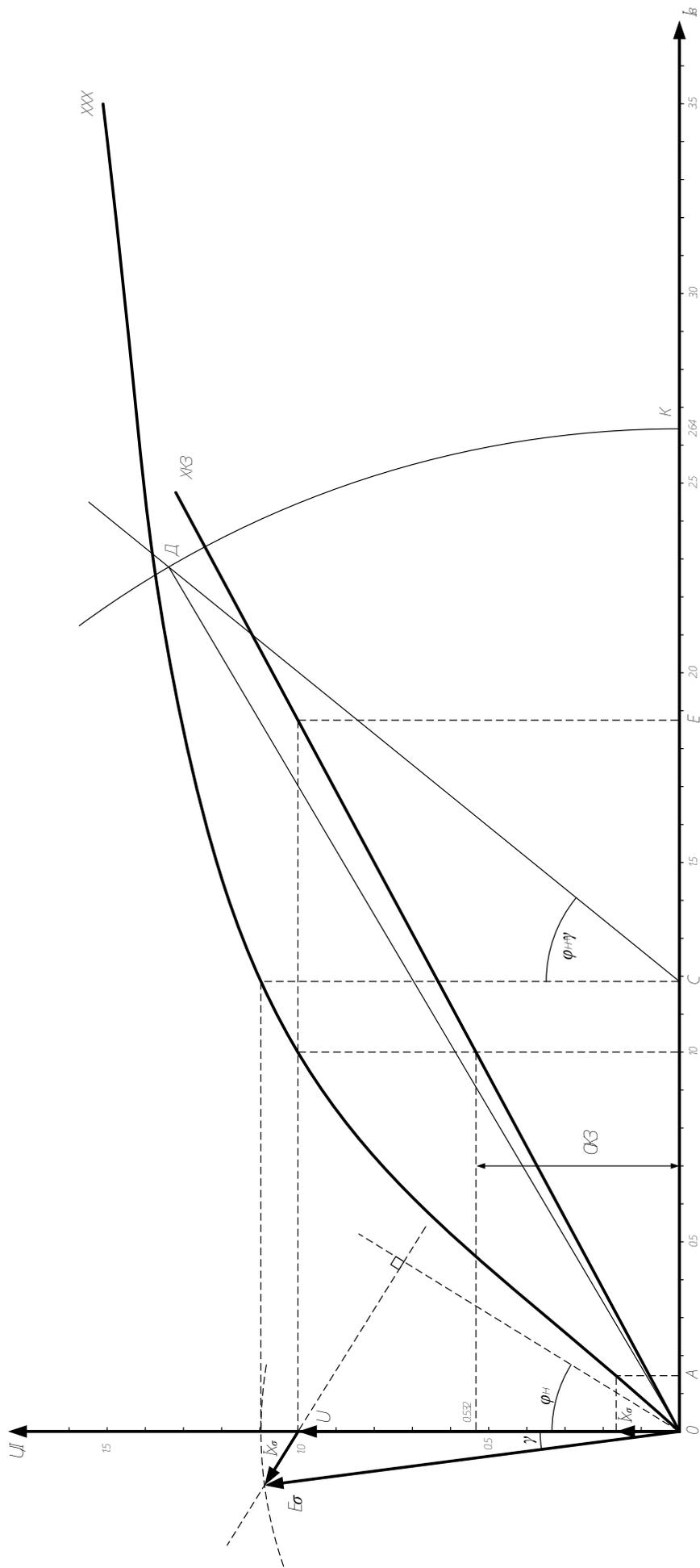


Рисунок 5 – Дугеррама Гатъе

Из	Лис	№ докум	Подпис	Дата
м	т		ь	

#### 4.5 Графическое определение тока ротора по спрямленной х. х. х.

Диаграмма для определения тока ротора по спрямленной х.х.х., представлена на рисунке 6.

Диаграмма строится в о.е. Напряжение статора  $U$  откладывается по оси ординат, направление тока  $I$  под углом  $\varphi_n$  к  $U$ , э. д. с.  $E_q$  определяется как геометрическая сумма  $U$  и падения напряжения в сопротивлении  $x_d$ .

Из начала координат проводится дуга, радиусом  $E_q$ , до пересечения с осью ординат, далее на спрямленную х.х.х. и на ось абсцисс.

Из диаграммы определяется  $i_{вн*(I)}=2,21$  о.е.,  $i_{вн*(II)}=2,55$  о.е.

В именованных единицах  $i_{вн}$ , А

$$i_{вн(I)} = 2,21 \cdot 1025 = 2265,25 \text{ А},$$

$$i_{вн(II)} = 2,55 \cdot 1025 = 2613,75 \text{ А}.$$

Погрешности при сравнении со справочным значением тока возбуждения составляют

$$\Delta i_{в(I)} = \frac{2265,25 - 2680}{2680} 100\% = 15,47\%,$$

$$\Delta i_{в(II)} = \frac{2613,75 - 2680}{2680} 100\% = 2,47\%.$$

Значение ЭДС за синхронным индуктивным сопротивлением, В

$$E_{qn} = E_{q*} \cdot U_n, \quad (3)$$

$$E_{qn} = 2,55 \cdot 15,75 = 40,163 \text{ В}.$$

Значение угла нагрузки

$$\delta_n = 38,719^\circ.$$

						Лис
						21
Из	Лис	№ докум	Подпис	Дата		

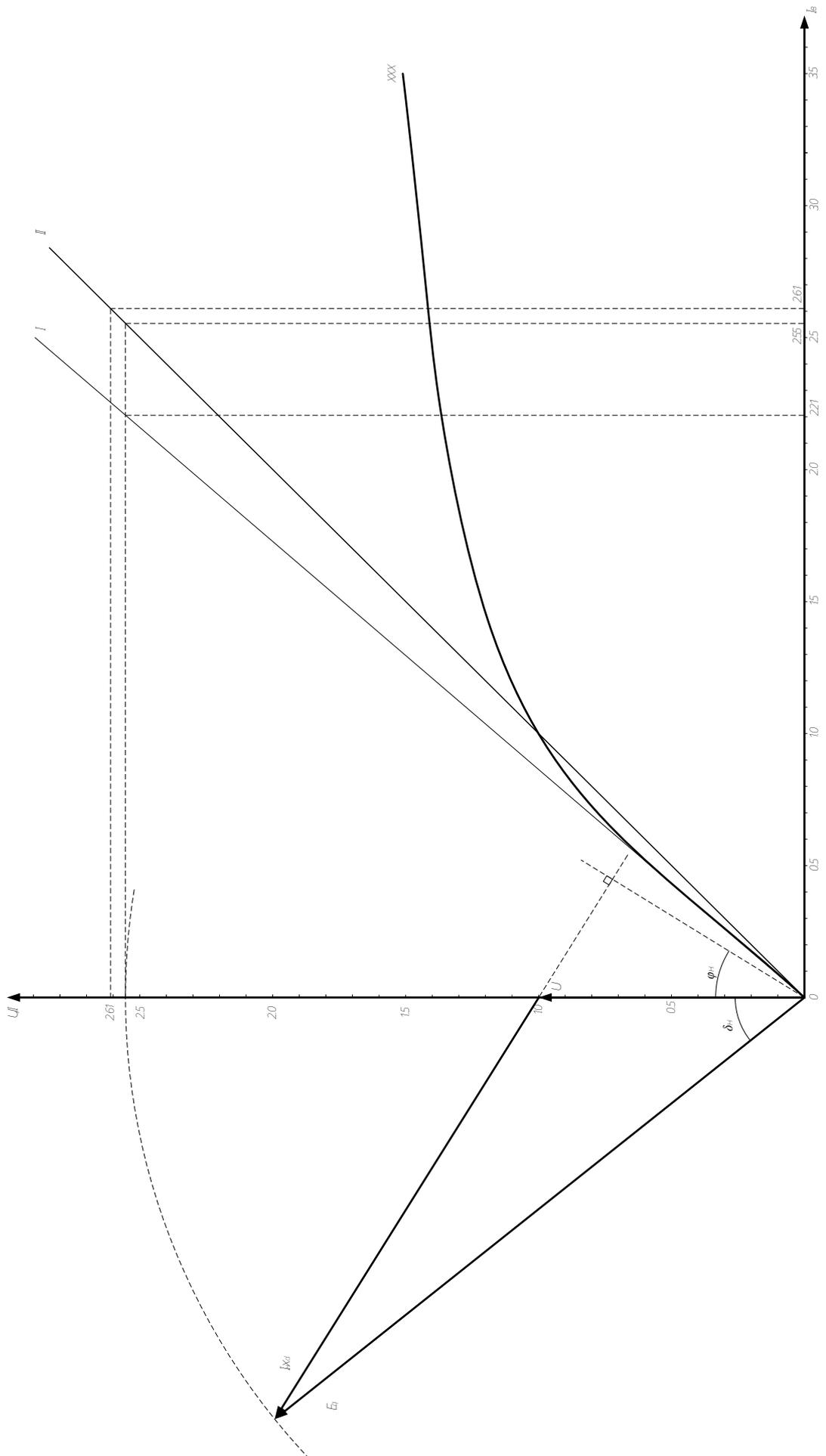


Рисунок 6 – Давления для определения потока ротора по спрямленным xxx

ИЗ	Лис	№ докум	Подпис	Дата
м	т		ь	

## 5 Определение допустимости работы синхронного генератора в режиме компенсатора

Турбогенераторы могут работать в режиме синхронного компенсатора. Турбогенераторы используют как компенсаторы при продолжительном ремонте турбин или при низких технико-экономических показателях агрегатов, а также в часы наименьших нагрузок энергосистем.

Генераторы чаще работают в режиме перевозбужденного синхронного компенсатора с выдачей реактивной мощности в сеть, когда потребители находятся вблизи электростанции. В таком режиме генераторы могут работать неограниченное время. В часы наименьших нагрузок, а также в тех случаях, когда электростанция связана с потребителями длинными линиями электропередачи, возникает необходимость использования генераторов в режиме недовозбужденного синхронного компенсатора (при токах возбуждения меньше тока холостого хода) с потреблением реактивной мощности из сети. Возможность продолжительного использования генераторов в таком режиме должна быть доказана для каждого отдельного случая.

Турбогенератор может работать в режиме синхронного компенсатора вместе с турбиной и без неё. Однако в первом случае создаются опасные перегревы лопаток турбины. Для их устранения, а также для уменьшения активной мощности, потребляемой из сети, целесообразно отсоединять генератор от турбины путём расцепления соединительной муфты. При необходимости создания в системе вращающегося резерва, а также при чередовании работы агрегата в режиме генератора и режиме синхронного компенсатора генератор оставляют соединённым с турбиной. В этом случае охлаждение лопаток турбины производят путём пропуска небольшого количества пара, определяющего наименьшую допустимую активную мощность (технический минимум), с которой может длительно работать турбина и соответственно турбогенератор. Эта мощность зависит от типа и мощности турбины и примерно равна 10-20% её номинальной мощности.

Пуск агрегата, работающего в режиме синхронного компенсатора совместно с турбиной, производят так же, как и при работе в режиме генератора – путём подачи пара в турбину. После включения генератора в сеть количество пара, поступающего в турбину, уменьшают до допустимого значения и генератор переходит в режим синхронного компенсатора.

При использовании турбогенератора для работы в режиме синхронного компенсатора без турбины может быть применён асинхронный пуск непосредственно от сети или путём частотного пуска от специально выделенного для этой цели турбогенератора [2, § 20-11].

Для определения допустимого тока статора генератора, работающего в режиме синхронного компенсатора, при условии, что ток ротора не превысит номинального, необходимо воспользоваться насыщенной спрямлённой характеристикой холостого хода (кривая II рисунка 6).

По оси абсцисс откладывается ток возбуждения в номинальном режиме  $i_{в.ном}=2,61$ , затем он наносится на спрямлённую характеристику и на ось ординат. В режиме синхронного компенсатора генератор отдаёт реактивный ток, то  $U$  и  $E_q$  совпадают, а допустимый ток статора равен, о.е

$$I_{cm} = \frac{E_q - U}{x_d}, \quad (4)$$

$$I_{cm} = \frac{2,61 - 1}{1,88} = 0,856.$$

В именованных единицах, кА

$$I_{cm} = 0,856 \cdot 8,625 = 7,383 \text{ кА.}$$

						Лис
						№ 23
Из	Лис	№ докум	Подпис	Дата		

## 6 Критерии допустимости асинхронного и несимметричного режимов работы генератора

### 6.1 Асинхронный режим работы

Асинхронный режим возникает вследствие полной или частичной потери возбуждения генератора. Полная потеря возбуждения происходит в случаях: ошибочного отключения АГП, обрыва или к. з. в силовой цепи обмотки возбуждения генератора, повреждения возбуждителя или элементов схемы цепей возбуждения и т. д.

Частичная потеря возбуждения может произойти в случае работы турбогенератора без автоматического регулятора возбуждения и неправильных действий персонала при перераспределении активных и реактивных нагрузок между ним и другими работающими генераторами, при некоторых повреждениях в цепях возбуждения ит.д.

Физический процесс перехода в асинхронный режим происходит в следующей последовательности: при исчезновении или значительном уменьшении тока в обмотке возбуждения генератора уменьшаются магнитный поток возбуждения и соответствующий ему синхронный электромагнитный момент на валу турбогенератора. При некотором значении тока возбуждения значение синхронного электромагнитного момента становится меньше вращающего момента турбины и генератор, продолжая оставаться в сети, выпадает из синхронизма. Для поддержания магнитного поля генератор начинает потреблять намагничивающий ток из сети. Вследствие нарушения равновесия между вращающим моментом турбины и электромагнитным (тормозным) моментом генератора начинает увеличиваться частота вращения турбоагрегата выше синхронной. Регулятор турбины при этом уменьшает выпуск пара в турбину и стремится сохранить нормальную частоту вращения вследствие чего активная нагрузка турбоагрегата несколько снижается.

Увеличение частоты вращения турбоагрегата приводит к тому, что ротор генератора вращается быстрее, чем магнитное поле статора, и в роторных контурах возникают переменные токи, имеющие частоту скольжения  $sf$ . Взаимодействие наведенных в контурах ротора токов с основным потоком статора создает асинхронный электромагнитный момент на валу генератора, тормозящий ротор. Установившийся асинхронный режим наступает при равенстве асинхронного электромагнитного момента и момента вращения турбины, генератор -в этом режиме выдает в сеть активную и потребляет из сети реактивную мощность.

Активная нагрузка, при которой наступает установившийся режим, определяется характеристикой регулирования турбины и значением асинхронного момента генератора.

Сохранение в работе турбогенератора, потерявшего возбуждение, возможно только в тех случаях, когда в энергосистеме существует необходимый резерв реактивной мощности, обеспечивающий поддержание напряжения в узловых точках энергосистемы.

Допустимая длительность асинхронных режимов работы турбогенераторов зависит от их конструктивных особенностей. Генераторы с косвенным охлаждением вне зависимости от охлаждающей среды могут работать в асинхронном режиме не более чем 30 мин с нагрузкой до 0,6 номинальной. Для генераторов с непосредственным охлаждением допустимая длительность работы в асинхронном режиме без возбуждения устанавливается на основе специальных испытаний или конкретных указаний в директивных материалах, при этом должна быть также установлена допустимость этого режима на сеть.

В случаях появления признаков повреждения машины или если генератор до потери возбуждения работал с замыканием на землю в цепях возбуждения, при переходе в асинхронный режим его следует немедленно отключать от сети.

Колебания токов, напряжений и мощности на турбогенераторе, работающем в асинхронном режиме, возникают из-за проворотов ротора относительно поля статора.

При асинхронном режиме турбогенератора его ротор движется неравномерно, что обусловлено пульсацией асинхронного момента, вызывающей колебания активной мощности.

						Лис
						№ 24
Из	Лис	№ докум	Подпис	Дата		

Меньшую неравномерность частоты вращения имеют турбогенераторы при асинхронном режиме с разомкнутой обмоткой ротора, когда он практически симметричен, большую — с обмоткой ротора, замкнутой на резистор (самосинхронизации и др.). В последнем случае в момент прохождения тока в обмотке возбуждения через нуль ротор получает резкое ускорение, поскольку тормозящий асинхронный момент, создаваемый токами, наведенными в роторных контурах, в этот момент имеет минимальное значение. С появлением тока в обмотке возбуждения и увеличением отдаваемой активной мощности ротор тормозится, при уменьшении активной мощности вновь получает ускорение.

У мощных турбогенераторов с непосредственным охлаждением несимметрия ротора больше, особенно при замкнутой обмотке возбуждения, за счет сравнительно меньшего числа пазов и значительного увеличения линейных нагрузок в обмотанной части ротора.

В связи с этим, а также меньшей относительной массой этих турбоагрегатов степень ускорения и последующего замедления их роторов в асинхронном режиме с замкнутой обмоткой возбуждения больше, чем у машин с косвенным охлаждением. Наибольшей неравномерностью движения ротора отличаются турбогенераторы с в. ч. возбудителями при замыкании обмотки ротора на выпрямители возбудителя.

Когда полярность наведенного в роторе тока совпадает с полярностью вентиля, по последовательной обмотке возбуждения возбудителя протекает ток, появляется вынужденный поток возбуждения генератора, создающий синхронизирующий момент и уменьшающий скольжение агрегата. В обратный полупериод, когда вентили запираются, обмотка ротора оказывается разомкнутой и ротор получает резкое ускорение [1, §3-4].

Допускается кратковременная работа турбогенераторов в асинхронном режиме без возбуждения при сниженной нагрузке. Для турбогенераторов с косвенным охлаждением обмоток допустима нагрузка в указанном режиме до 60 % номинальной, а продолжительность работы при этом не более 30 мин. Допустимая нагрузка и продолжительность работы в асинхронном режиме без возбуждения турбогенераторов с непосредственным охлаждением обмоток должны быть установлены на основании указаний заводских инструкций, а при их отсутствии — на основании результатов специальных испытаний или требований нормативно технических документов.

Допустимость асинхронных режимов турбогенераторов по их воздействию на сеть должна быть установлена расчетами или испытаниями. Работа гидрогенераторов и турбогенераторов с наборными зубцами ротора в асинхронном режиме без возбуждения запрещается.

Несинхронная работа отдельного возбужденного генератора любого типа относительно других генераторов электростанции запрещается [8, §5-1].

## 6.2 Несимметричный режим работы

Такие режимы могут быть вызваны обрывами и отключениями одной фазы линии, отключением одной из фаз трансформаторной группы, однофазной нагрузкой в виде электротяги и плавильных печей и др. Возникающие при несимметричном режиме токи обратной последовательности создают дополнительный нагрев обмотки статора. Магнитное поле обратной последовательности, вращаясь относительно ротора с двойной синхронной частотой вращения, наводят в обмотке возбуждения, в демпферных контурах, а также в теле ротора и его торцевой контактной зоне (клин, зуб, бандаж) токи частотой 100 Гц. Эти токи создают дополнительный нагрев соответствующих частей ротора. Кроме того, магнитное поле обратной последовательности создает знакопеременный момент, который вызывает механические напряжения и вибрации машины.

Тепловое действие токов двойной частоты наиболее опасно для турбогенераторов, так как их ротор выполняется из цельной поковки и имеет большую поверхность, поэтому эти токи могут быть значительными. Ввиду повышенной частоты токи вытесняются на поверхность тела

						Лист
						№ 25
Из	Лист	№ докум	Подпис	Дата		

ротора и замыкаются через пазовые клинья и бандажные кольца. Поэтому наибольший нагрев происходит в торцевых зонах ротора.

Дополнительный нагрев обмотки ротора представляет опасность для ее изоляции. Дополнительные механические напряжения в турбогенераторах незначительны и практически не влияют на их механическую прочность.

При работе генератора в продолжительном несимметричном режиме ток наиболее нагруженной фазы статора, по условию допустимого нагрева обмотки, не должен превышать номинального. Кроме того, температура наиболее нагретых частей ротора, а также механические напряжения и вибрации генератора не должны превышать допустимых значений. Обычно предельные допустимые значения тока обратной последовательности для турбогенераторов определяются допустимым нагревом торцевой контактной зоны ротора, а для гидрогенераторов — допустимым нагревом демпферной системы и обмотки возбуждения, а также вибрациями конструктивных частей и обмотки статора [2, §20-12].

Возникновение несимметрии в энергосистеме отражается на работе всех генераторов, работающих на общие шины, нагрузка всех генераторов становится несимметричной. Наиболее тяжелым является случай, когда при номинальной нагрузке работающих генераторов несимметрия превышает допустимые пределы. Единственным средством восстановления нормального режима при этом является немедленная аварийная разгрузка генераторов, с одновременным выявлением и устранением несимметрии перераспределением нагрузок потребителей.

Если при возникновении несимметрии генераторы загружены не полностью и несимметрия не выходит за допустимые пределы, за тепловым состоянием работающих генераторов следует установить усиленный надзор и в случае недопустимого повышения температур активных частей немедленно разгрузить данный генератор [1, §3-4].

										Лис
										№
Из	Лис	№ докум	Подпис	Дата						26

## 7 Расчет времени пуска и выбега агрегатов секции собственных нужд

### 7.1 Выбор двигателей

Для механизмов собственных нужд, указанных в таблице 1, выбираются асинхронные двигатели, параметры которых приведены в таблице 7.

Время ускорения можно рассчитать по формуле, с

$$T_J = \frac{GD^2 \cdot n_C^2}{364 \cdot P_{\text{ном}}}, \quad (5)$$

где  $GD^2 = \frac{4 \cdot J}{10^3}$  - маховый момент,  $m \cdot \text{м}^2$ .

Время ускорения агрегата определяется суммой времени ускорения механизма и двигателя

$$T_{\text{агр}} = T_{\text{мех}} + T_{\text{дв}}, \quad (6)$$

Для питательного насоса

$$T_{\text{агр}} = \frac{4 \cdot 225 \cdot 3000^2}{364 \cdot 8000 \cdot 10^3} + \frac{4 \cdot 148 \cdot 3000^2}{364 \cdot 8000 \cdot 10^3} = 4,612 \text{ с.}$$

### 7.2 Описание графоаналитического метода определения пуска и выбега

Пуск (разбег) – это процесс увеличения скорости двигателя от нуля до синхронной.

Выбег машинного агрегата представляет собой процесс снижения его частоты вращения, вызванный отключением электродвигателя от сети или резким уменьшением подводимого к нему напряжения.

Время разбега и выбега можно определить графоаналитическим способом. Для этого совмещённым построением расчётных статических характеристик момента вращения  $m_{BP}=f(s)$  и момента сопротивления  $m_C=f(s)$  строится зависимость избыточного момента от скольжения, после чего кривая  $m_{из}=f(s)$  разбивается на участки. Для каждого участка находится:

$\Delta S_i$  - конечное приращение скольжения;

$m_{изi}$  – среднее значение момента в рассматриваемом интервале времени.

Время разбега и выбега определяется по формуле

$$t = T_{\text{агр}} \sum_{i=1}^n \frac{\Delta S_i}{m_{\text{ср.из}i}}, \quad (7)$$

Графоаналитический метод предпочтительнее аналитического в тех случаях, когда последнее затруднено из-за того, что момент сопротивления механизма не является постоянной величиной.

									Лис
									27
Из	Лис	№ докум	Подпис	Дата					



## Расчет времени пуска и выбега агрегата с вентиляторным моментом сопротивления

Для расчётов времени пуска и выбега выбирается мельничный вентилятор.

Для графоаналитического расчёта строятся зависимости  $m_{ep} = f(s)$  и  $m_c = f(s)$ .

Зависимость  $m_{ep} = f(s)$  для современных мощных асинхронных двигателей имеет сложный характер. При приближённых расчётах используется зависимость

$$m_{ep} = \frac{2 \cdot b_{ном} \cdot (1 + S_{кр})}{\frac{S}{S_{кр}} + \frac{S_{кр}}{S} + 2 \cdot S_{кр}}, \quad (8)$$

где  $b_{ном} = 2,5$  – кратность максимального момента, о.е.;

$S_{кр}$  – критическое скольжение, о.е.

$$S_{кр} = S_{ном} \cdot (b_{ном} + \sqrt{b_{ном}^2 - 1}), \quad (9)$$

где  $S_{ном} = 0,011$  – номинальное скольжение, о.е.

$$S_{кр} = 0,011 \cdot (2,5 + \sqrt{2,5^2 - 1}) = 0,053,$$

$$m_{вр} = \frac{2 \cdot 2,5 \cdot (1 + 0,053)}{\frac{S}{0,053} + \frac{0,053}{S} + 2 \cdot 0,053} = \frac{5,265}{\frac{S}{0,053} + \frac{0,053}{S} + 0,106}.$$

Зависимость  $m_c = f(s)$  представляется в виде

$$m_c = m_{с.нач} + (\kappa_з - m_{с.нач})(1 - s)^p, \quad (10)$$

где  $m_{с.нач} = 0,16$  – начальный момент сопротивления механизма, о.е.;

$p = 2$  – показатель степени, характеризующий тип механической характеристики;

$\kappa_з = 0,572$  – коэффициент загрузки;

$$m_c = 0,16 + (0,572 - 0,16)(1 - s)^2 = 0,16 + 0,412 \cdot (1 - s)^2.$$

Далее, производится совместное построение расчетных статических характеристик  $m_{ep} = f(s)$  и  $m_c = f(s)$ , после чего находится для каждого значения скольжения избыточный момент  $m_{из} = m_{ep} - m_c$ . На рисунке 7 построены зависимости  $m_{ep} = f(s)$ ,  $m_c = f(s)$  и  $m_{из} = f(s)$ , а на рисунке 8 -  $m_c = f(s)$  и  $m_{торм} = f(s)$ .

Зависимость  $m_{торм} = f(s)$  представляется в виде

$$m_{торм} = \kappa_з \cdot (1 - s)^p, \quad (11)$$

$$m_{торм} = 0,572 \cdot (1 - s)^2$$

Результаты расчётов сведены в таблицу 8.

Таблица 8 – Результаты расчета статических характеристик

$S_i$	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$m_{ep.i}$	0,2 8	0,3 1	0,3 5	0,3 9	0,4 6	0,5 5	0,6 0	0,6 8	0,7 7	0,8 9	1,0 5	1,2 7	1,6 0	2,0 9	2,4 9	0,9 4
$m_{с.i}$	0,1 6	0,1 6	0,1 8	0,1 9	0,2 3	0,2 6	0,2 9	0,3 1	0,3 3	0,3 6	0,3 9	0,4 2	0,4 6	0,4 9	0,5 3	0,5 6
$m_{из.i}$	0,1 2	0,1 4	0,1 7	0,1 9	0,2 3	0,2 8	0,3 2	0,3 7	0,4 3	0,5 2	0,6 5	0,8 5	1,1 4	1,5 9	1,9 6	0,3 8
$m_{торм.i}$	0	0,0 1	0,0 2	0,0 5	0,0 9	0,1 4	0,1 7	0,2 1	0,2 4	0,2 8	0,3 2	0,3 7	0,4 1	0,4 6	0,5 2	0,5 6

m

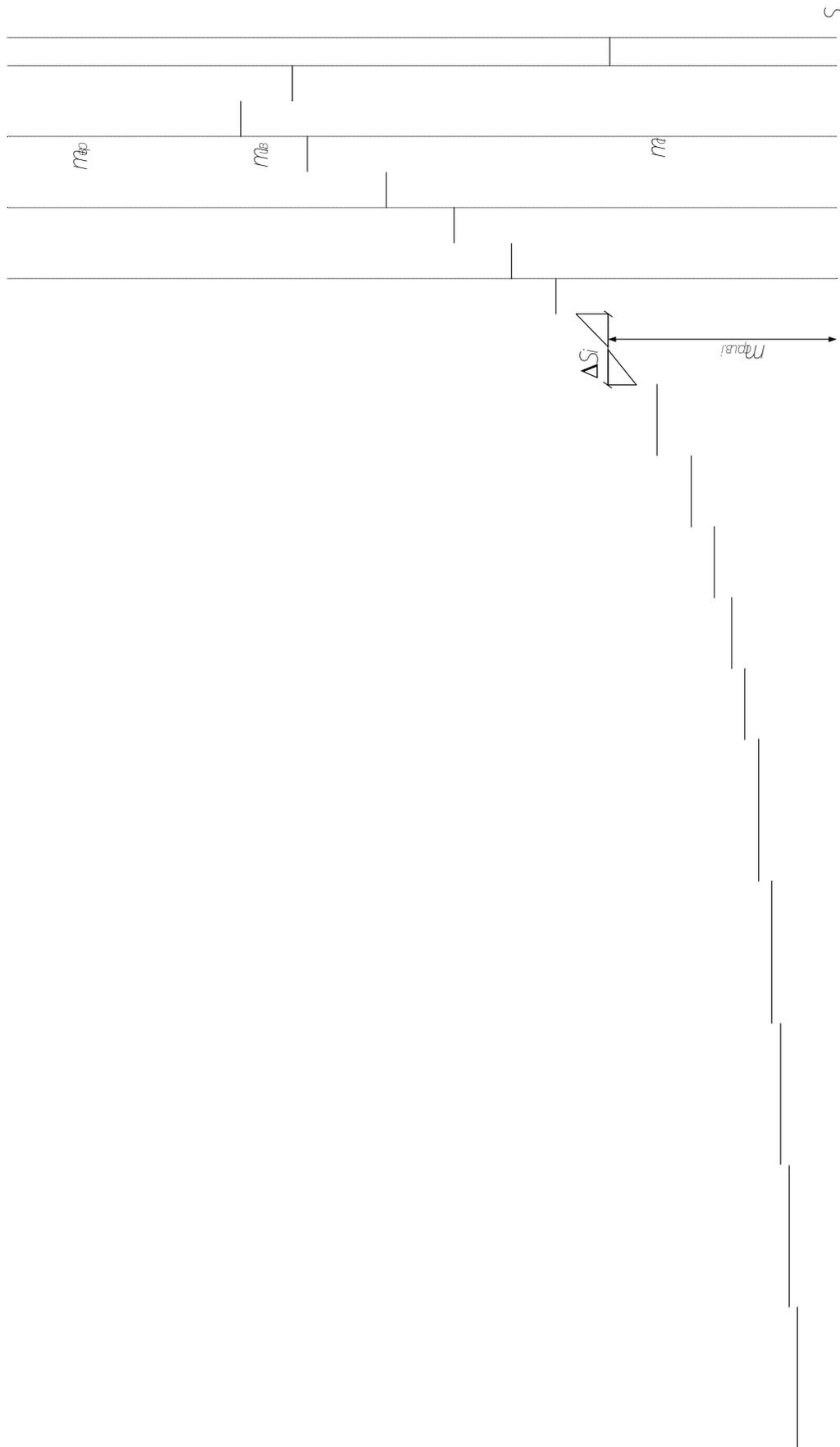


Рисунок 7 – Расчетные статические характеристики  $m_{ф}(S)$ ,  $m_{фБ}(S)$ ,  $m_{ф}(S)$

Из	Лис	№ докум	Подпис	Дата
м	т		ь	

m

m

Плоски

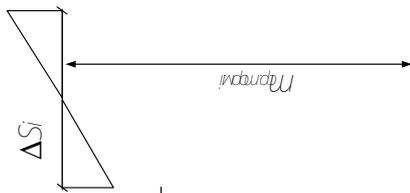


Рисунок 8 – Статические характеристики  $m_f(S)$ ,  $m_{eff}(S)$

Из	Лис	№ докум	Подпис	Дата
----	-----	---------	--------	------

м т б

Полученная таким образом кривые  $m_{из} = f(s)$  и  $m_{торм} = f(s)$  заменяются на ступенчатые с величиной ступени  $\Delta s_j$  и высотой, равной некоторому среднему избыточному моменту  $m_{ср.из.j}$  и  $m_{ср.торм.j}$ , величина которых принимается такой, чтобы на каждой ступени площадь, ограниченная кривой и осью ординат, была бы равна площади полученного прямоугольника.

Полученные результаты сведены в таблицы 9 и 10.

Таблица 9 – Результаты расчёта  $m_{ср.из.j}$

s	1÷0,9	0,9÷0,8	0,8÷0,7	0,7÷0,6	0,6÷0,5	0,5÷0,45	0,45÷0,4	0,4÷0,35	0,35÷0,3	0,3÷0,25
$\Delta s_j$	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
$m_{ср.из.j}$	0,13	0,158	0,183	0,213	0,275	0,3	0,341	0,4	0,475	0,585

Продолжение таблицы 9

s	0,25÷0,2	0,2÷0,175	0,175÷0,15	0,15÷0,125	0,125÷0,1	0,1÷0,075	0,075÷0,05	0,05÷0,025	0,025÷0,005
$\Delta s_j$	0,05	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,02
$m_{ср.из.j}$	0,744	0,915	1,06	1,245	1,465	1,723	1,94	1,77	0,74

Таблица 10 – Результаты расчёта  $m_{ср.торм.j}$

s	1,0÷0,7	0,7÷0,6	0,6÷0,5	0,5÷0,4	0,4÷0,3	0,3÷0,2	0,2÷0,1	0,1÷0
$\Delta s_j$	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$m_{ср.торм.j}$	0,019	0,071	0,115	0,173	0,242	0,322	0,414	0,516

Время разбега и выбега определяется по формуле, с

$$t = T_{\text{ягр}} \left[ \frac{\Delta s_1}{m_{ср.из1}} + \frac{\Delta s_2}{m_{ср.из2}} + \dots + \frac{\Delta s_n}{m_{ср.из.n}} \right]. \quad (12)$$

Время пуска, с

$$t_{\text{п}} = 15,855 \left( \frac{0,1}{0,13} + \frac{0,1}{0,158} + \frac{0,1}{0,183} + \frac{0,1}{0,213} + \frac{0,1}{0,275} + \frac{0,05}{0,3} + \frac{0,05}{0,341} + \frac{0,05}{0,4} + \frac{0,05}{0,475} + \frac{0,05}{0,585} + \frac{0,05}{0,744} + \frac{0,025}{0,915} + \frac{0,025}{1,06} + \frac{0,025}{1,245} + \frac{0,025}{1,465} + \frac{0,025}{1,723} + \frac{0,025}{1,94} + \frac{0,025}{1,77} + \frac{0,02}{0,74} \right) = 57,63 \text{ с}$$

Время выбега, с

$$t_{\text{б}} = 15,855 \left( \frac{0,3}{0,019} + \frac{0,1}{0,071} + \frac{0,1}{0,115} + \frac{0,1}{0,173} + \frac{0,1}{0,242} + \frac{0,1}{0,322} + \frac{0,1}{0,414} + \frac{0,1}{0,516} \right) = 314 \text{ с}$$

#### 7.4 Расчет времени пуска и выбега агрегата с постоянным моментом сопротивления

Для расчётов времени пуска и выбега выбирается дробилка.

Время пуска загруженного механизма будет находиться по выражению, с

$$t_{\text{п}} = \frac{T_{\text{ягр}}}{m_c} \left[ \frac{b_c}{\sqrt{b_c^2 - 1}} \left( s_{\phi} \ln \frac{s_{\phi} - s_y - 0,01}{s_{\phi} - 1} + s_y \ln 100(1 - s_y) \right) - \Delta s \right], \quad (13)$$

где

										Лис
										32
Из	Лис	№ докум	Подпис	Дата						

$$\begin{aligned}
 b_C &= \frac{b_H}{m_C}, \\
 s_\phi &= s_{KP} \left( b_C + \sqrt{b_C^2 - 1} \right), \\
 s_Y &= \frac{s_{KP}}{b_C + \sqrt{b_C^2 - 1}}, \\
 \Delta s &= 0,99 - s_Y.
 \end{aligned}
 \tag{14}$$

Формулы (14) служат для упрощения выражения (13).

$$\begin{aligned}
 b_C &= \frac{2,3}{0,97} = 2,37, \\
 S_{KP} &= 0,007 \cdot (2,3 + \sqrt{2,3^2 - 1}) = 0,031, \\
 s_\phi &= 0,031 \cdot (2,37 + \sqrt{2,37^2 - 1}) = 0,14, \\
 s_Y &= \frac{0,031}{2,37 + \sqrt{2,37^2 - 1}} = 0,0067, \\
 \Delta s &= 0,99 - 0,0067 = 0,983. \\
 \frac{s_\phi - s_Y - 0,01}{s_\phi - 1} &= \frac{0,14 - 0,0067 - 0,01}{0,14 - 1} = -0,14 < 0.
 \end{aligned}$$

Т.к. выражение под логарифмом отрицательно, то прямой пуск данного механизма невозможен.

$$m_{BP} = \frac{2 \cdot 2,3 \cdot (1 + 0,031)}{\frac{1}{0,031} + \frac{0,031}{1} + 2 \cdot 0,031} = 0,147 < m_c = 0,97.$$

Так как момент сопротивления больше вращающего момента, то двигатель не запустится. В этом случае применяется пуск через муфту.

Время выбега находится по формуле, с

$$\begin{aligned}
 t_B &= \frac{T_{Jarp}}{m_c} (1 - S_{уст}), \\
 t_B &= \frac{14,835}{0,97} (1 - 0,007) = 15,19 \text{ с.}
 \end{aligned}
 \tag{15}$$

Время пуска ненагруженного механизма ( $m_c = 0,05$ ), с

$$\begin{aligned}
 b_C &= \frac{2,3}{0,05} = 46, \\
 S_{KP} &= 0,007 \cdot (2,3 + \sqrt{2,3^2 - 1}) = 0,031, \\
 s_\phi &= 0,031 \cdot (46 + \sqrt{46^2 - 1}) = 2,852, \\
 s_Y &= \frac{0,031}{46 + \sqrt{46^2 - 1}} = 0,0003, \\
 \Delta s &= 0,99 - 0,0003 = 0,9897,
 \end{aligned}$$

$$t_{II} = \frac{14,835}{0,05} \left[ \frac{46}{\sqrt{46^2 - 1}} \left( 2,852 \cdot \ln \frac{2,852 - 0,0003 - 0,01}{2,852 - 1} + 0,0003 \cdot \ln 100(1 - 0,0003) \right) - 0,9897 \right] = 69,14 \text{ с.}$$

Время выбега ненагруженного механизма, с

$$t_B = \frac{14,835}{0,05} (1 - 0,007) = 294,62 \text{ с.}$$

										Лис
										33
Из	Лис	№ докум	Подпис	Дата						

## 7.5 Проверка двигателя на нагрев

Проверка двигателя мельничного вентилятора производится для двух случаев: для пуска при номинальном и для пуска при действительном напряжении.

Допустимое время, за которое произойдёт предельный, по условиям изоляции, нагрев двигателя при пуске из холодного состояния, рассчитывается по формуле, с

$$t_{\text{доп.холод}} = \frac{1200}{I_n^2}, \quad (16)$$

где  $I_n$  - кратность пускового тока двигателя;

$$t_{\text{доп.холод}} = \frac{1200}{7^2} = 24,49 \text{ с.}$$

При пуске из горячего состояния, с

$$t_{\text{доп.холод}} = \frac{810}{I_n^2 - 1}, \quad (17)$$

$$t_{\text{доп.холод}} = \frac{810}{7^2 - 1} = 16,87 \text{ с.}$$

Расчёт пуска при действительном напряжении производится для случая подключения двигателя к сети через трансформатор собственных нужд. Расчёт производится для случая подключения трансформатора к источнику бесконечной мощности. Для упрощения расчётов принимается сопротивление двигателя в процессе пуска неизменным и равному пусковому.

Напряжение на двигателе находится по выражению

$$U = \frac{x_\delta}{x_\delta + x_m}, \quad (18)$$

где  $x_\delta = \frac{U_{\text{ном}}^2}{I_n \cdot S_\delta}$  - сопротивление двигателя при пуске, Ом;

$x_T = 1,05^2 \frac{U_K \cdot U_{\text{ном}}^2}{100 \cdot S_{\text{ном}}}$  - сопротивление трансформатора, Ом;

$S_\delta = \frac{P_{\text{ном.д}}}{\cos \varphi \cdot \eta}$  - номинальная мощность двигателя, В·А;

$U_{\text{ном}}$  - номинальное напряжение ступени 6 кВ;

$I_n$  - кратность пускового тока двигателя;

$U_K$  - напряжение короткого замыкания трансформатора, %;

$S_{\text{ном}}$  - номинальная мощность трансформатора, В·А.

$$S_\delta = \frac{630000}{0,87 \cdot 0,947} = 764665 \text{ В·А,}$$

$$x_\delta = \frac{6000^2}{7 \cdot 764665} = 6,73 \text{ Ом.}$$

Трансформатора собственных нужд определяется по выражению, МВА

$$S_{\text{ТСН}} \geq P_\Gamma \cdot P_{\text{СН}\%} \cdot k_C, \quad (19)$$

где  $k_C = 0,8$  – коэффициент спроса.

$$S_{\text{ТСН}} \geq 0,06 \cdot 220 \cdot 0,8 = 10,56 \text{ МВА.}$$

Выбирается трансформатор ТРДНС-25000/35 с параметрами:

$S_{\text{ном}} = 25 \text{ МВА, } U_K = 10,5\%$ .

					Лис
					34
Из	Лис	№ докум	Подпис	Дата	

$$x_T = 1,05^2 \frac{10,5 \cdot 6300^2}{100 \cdot 25 \cdot 10^6} = 0,18 \text{ Ом},$$

$$U = \frac{6,73}{6,73 + 0,18} = 0,974.$$

Расчёт времени пуска агрегата при действительном напряжении аналогичен расчёту при номинальном напряжении.

Вращающий момент, о.е.

$$m_{вр} = \frac{2 \cdot b \cdot (1 + S_{кр})}{\frac{S}{S_{кр}} + \frac{S_{кр}}{S} + 2 \cdot S_{кр}}, \quad (20)$$

где  $b = b_{ном} \cdot U^2$ ;

$$S_{кр} = S_{ном} \cdot (b + \sqrt{b^2 - 1}).$$

$$b = 2,5 \cdot 0,974^2 = 2,372,$$

$$S_{кр} = 0,011 \cdot (2,372 + \sqrt{2,372^2 - 1}) = 0,049,$$

$$m_{вр} = \frac{2 \cdot 2,372 \cdot (1 + 0,049)}{\frac{S}{0,049} + \frac{0,049}{S} + 2 \cdot 0,049} = \frac{4,976}{\frac{S}{0,049} + \frac{0,049}{S} + 0,098}.$$

Зависимости  $m_{вр} = f(s)$ ,  $m_c = f(s)$  и  $m_{из} = f(s)$  представлены на рисунке 9, а результаты расчетов сведены в таблицу 11 и таблицу 12.

Таблица 11 – Результаты расчета статических характеристик

$S_i$	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4 5	0,4	0,3 5	0,3	0,2 5	0,2	0,1 5	0,1	0,0 5	0,0 1
$m_{вр.i}$	0,2 4	0,2 7	0,3 0	0,3 4	0,4 0	0,4 8	0,5 3	0,5 9	0,6 8	0,7 8	0,9 2	1,1 3	1,4 3	1,8 9	2,3 8	0,9 6
$m_{с.i}$	0,1 6	0,1 6	0,1 8	0,1 9	0,2 3	0,2 6	0,2 9	0,3 1	0,3 3	0,3 6	0,3 9	0,4 2	0,4 6	0,4 9	0,5 3	0,5 6
$m_{из.i}$	0,0 8	0,1 1	0,1 3	0,1 5	0,1 8	0,2 2	0,2 5	0,2 9	0,3 4	0,4 2	0,5 3	0,7 0	0,9 7	1,4 0	1,8 4	0,3 9

Таблица 12 – Результаты расчёта  $m_{ср.из.j}$

s	1÷0,9	0,9÷0,8	0,8÷0,7	0,7÷0,6	0,6÷0,5	0,5÷0,45	0,45÷0,4	0,4÷0,35	0,35÷0,3	0,3÷0,25
$\Delta s_j$	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
$m_{ср.из.j}$	0,095	0,115	0,135	0,16	0,195	0,23	0,265	0,31	0,38	0,47

Продолжение таблицы 12

s	0,25÷0,2	0,2÷0,175	0,175÷0,15	0,15÷0,125	0,125÷0,1	0,1÷0,075	0,075÷0,05	0,05÷0,025	0,025÷0,005
$\Delta s_j$	0,05	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,02
$m_{ср.из.j}$	0,61	0,76	0,89	1,06	1,29	1,54	1,795	1,72	0,72

										Лис
										35
Из	Лис	№ докум	Подпис	Дата						

Из	Лис	№ докум	Подпис	Дата
----	-----	---------	--------	------

м т ь

т

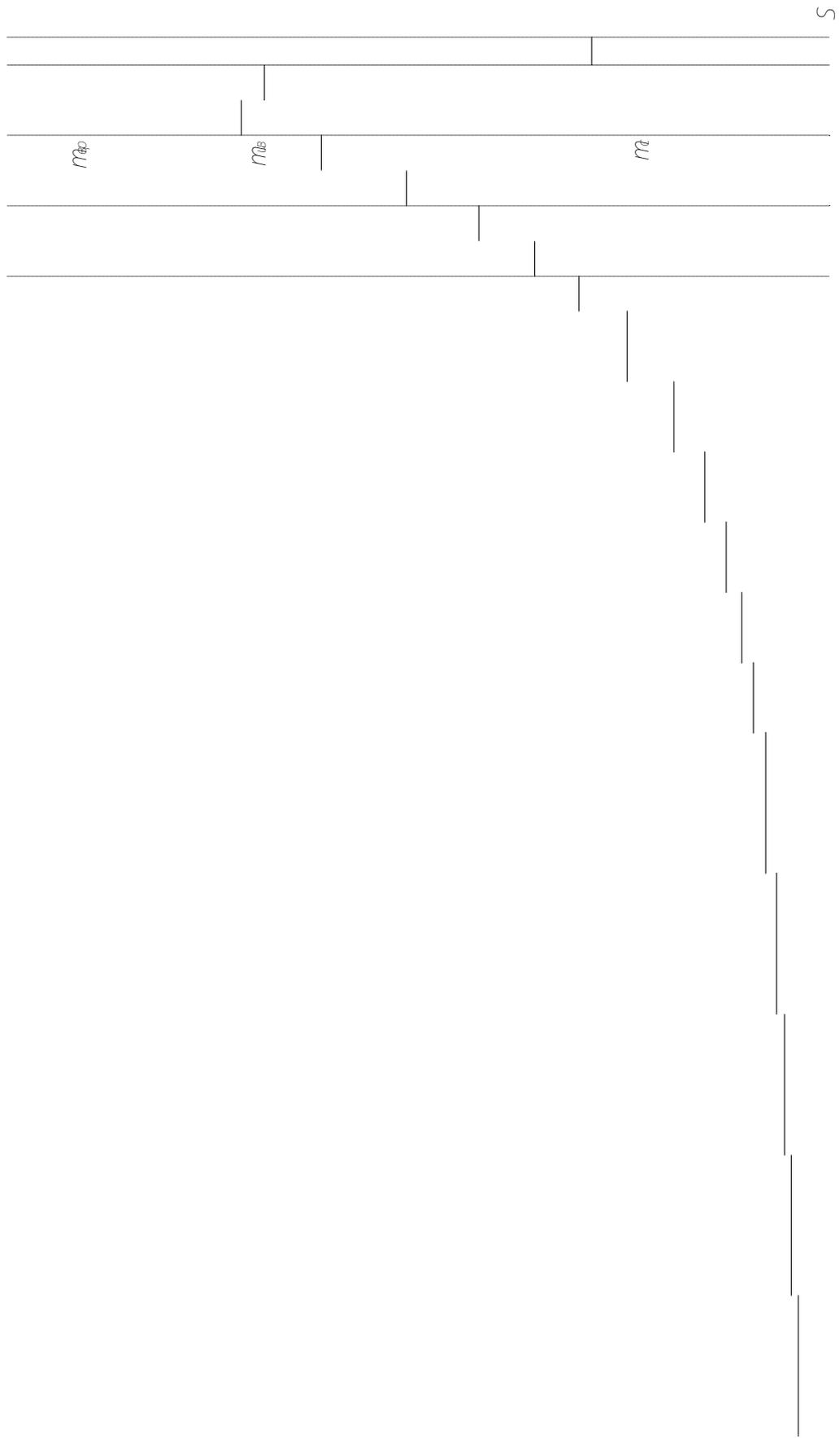


Рисунок 9 – Статистические характеристики  $m_i=f(S)$ ,  $m_i=f(S)$ ,  $m_i=f(S)$ ,  $m_i=f(S)$  при действительном напряжении



## 8 Расчёт самозапуска для секции собственных нужд

### 8.1 Определение самозапуска

Самозапуском электродвигателей с. н. называется восстановление нормального технологического режима работающих механизмов без вмешательства персонала после кратковременного перерыва электроснабжения или глубокой посадки напряжения на шинах с. н. Обеспечение самозапуска электродвигателей с. н. является одним из важных мероприятий, повышающих надежность работы основного оборудования электростанции.

Нарушения в энергоснабжении с. н. возникают вследствие автоматического или ошибочного отключения рабочего источника питания шин с. н. или аварийного отключения энергоблока, когда электродвигатели с.н. действием АВР переключаются на резервный источник питания; к. з. во внешней сети, после отключения которого восстанавливается напряжение на шинах с. н.; возникновения значительных колебаний напряжения при переходе генератора в асинхронный режим, при которых необходимо отключить питание шин с. н. на резервный источник.

Самозапуск двигателей, подключенных к одной секции с. н. можно рассматривать как групповой пуск двигателей с какой-то промежуточной частоты вращения, до которой успели затормозиться двигатели при аварийном снижении напряжения на шинах питания или полном его отключении.

Самозапуск электродвигателей с. н. происходит, как правило, в более тяжелых условиях, чем пуск двигателя из неподвижного состояния, так как напряжение на шинах при групповом самозапуске оказывается ниже, чем при пуске отдельного двигателя.

Для успешного самозапуска, двигателей с. н. значение остаточного напряжения на шинах с. н. должно быть таково, чтобы обеспечивались достаточные динамические моменты на валу затормозившихся двигателей и продолжительность восстановления нормальной производительности механизмов с. н., допустимая по условиям нагрева двигателей и сохранения технологического режима и вспомогательного оборудования станции.

На процесс самозапуска группы двигателей оказывают существенное влияние индивидуальные характеристики двигателей и сочетание различных механизмов, участвующих в самозапуске.

Индивидуальный выбег каждого двигателя определяется механической постоянной времени агрегата, механической характеристикой приводимого механизма  $M_c = f(s)$  и степенью загрузки двигателя. После отключения двигателя за счет запасенной, кинетической, энергии вращающихся масс его частота вращения снижается в течение некоторого времени. За счет запасенной электромагнитной энергии магнитный поток уменьшается по экспоненциальному закону  $\Phi = \Phi_{нач} e^{-\frac{R}{L}t}$  и остаточное напряжение на выводах статора затухает пропорционально произведению потока ротора на частоту его вращения.

При групповом выбеге двигателей снижение частоты вращения механизмов происходит иначе, чем при индивидуальном выбеге каждого двигателя. После отключения источника питания на шинах с. н. сохраняется остаточное напряжение, генерируемое двигателями. Часть двигателей агрегатов, имеющих большие механические постоянные времени, работает при этом асинхронными генераторами, а остальные двигатели питаются от них. При этом магнитные потоки отдельных двигателей затухают примерно с одинаковой постоянной времени, зависящей от тока их предварительной нагрузки.

Частота вращения всех двигателей при групповом выбеге уменьшается пропорционально частоте затухающего напряжения, причем между двигателями циркулируют уравнительные токи, затухающие по мере снижения остаточного напряжения.

После затухания остаточного напряжения до  $0,25 - 0,2U_{ном}$  синхронность выбега двигателей нарушается и далее они тормозятся в соответствии с их индивидуальными кривыми выбега.

						Лис
						38
Из	Лис	№ докум	Подпис	Дата		

При к. з. на шинах с. н. выбег всех подключенных к ним двигателей происходит независимо друг от друга. От каждого двигателя к месту к. з. идет переходный ток, создающий дополнительный тормозной момент на валу агрегата, в результате чего частота вращения агрегата уменьшается быстрее.

В тех случаях, когда синхронные двигатели установлены на мельницах, они являются потребителями энергии при групповом выбеге и резко увеличивают торможение остальных двигателей [1, §5-3].

## 8.2 Выбор схемы рабочего и резервного питания с.н.

Если технологическая схема и главная электрическая схема ЭС построены по блочному принципу, то для электроснабжения системы с.н. каждого блока предусматривают отдельный рабочий трансформатор соответствующий мощности, который присоединяют к блокам на участке между генератором и повышающим трансформатором. Эти трансформаторы являются основными источниками электроснабжения системы с.н. блоков. Кроме рабочих необходимы резервные трансформаторы для замены рабочих трансформаторов в случае их повреждения [2, §26-3].

При отсутствии выключателей в цепи генераторов блока, либо при подключении ответвления между генератором и выключателем резервный трансформатор обеспечивает питание с. н. также при пусках и остановках, являясь пускорезервным. Резервный трансформатор автоматически включается при отключении любого из источников питания, подхватывая всю отключившуюся нагрузку, на которую он рассчитан. По условиям самозапуска резервный трансформатор должен обеспечить пуск электродвигателей соответствующих секций с учетом перерыва в питании и отключения неответственных потребителей [13, §3-1].

Число резервных трансформаторов с. н. на блочных ЭС без генераторных выключателей принимается: один — при двух блоках, два — при числе энергоблоков от трех до шести. При большем числе энергоблоков предусматривается третий резервный трансформатор генераторного напряжения, не присоединенный к источнику питания, но установленный на электростанции и готовый к замене любого рабочего трансформатора с. н. [12, §5-9]

Они могут быть присоединены:

1. к сборным шинам РУ среднего напряжения (110-220 кВ);
2. к третичным обмоткам автотрансформатора связи;
3. к токопроводам блоков при наличии генераторных выключателей;
4. к линиям 110-220 кВ от ближайших подстанций [2, §26-3].

Количество секций 6-10 кВ для блочных ЭС принимается: две на каждый энергоблок (при мощности энергоблока более 160 МВт). Резервные магистрали для увеличения гибкости и надежности секционируются выключателями через каждые два-три энергоблока.

Мощность рабочего ТСН выбирается по (19), а мощность резервного трансформатора с. н. выбирается на ступень больше, чем рабочего [12, §5-9].

На рисунке 10 приведена схема питания с.н. 6 кВ блока 220 МВт.

Соппротивления двигателей определяются по формуле, Ом

$$x = x_{*(ном)}'' \cdot \frac{U_{ном}^2}{S_{ном}}, \quad (21)$$

$$\text{где } x_{*(ном)}'' = \frac{1}{K_{II}}; \quad S_{ном} = \frac{P_{ном}}{\cos \varphi_{ном} \cdot \frac{\eta}{100}}.$$

На рисунке 11 представлена схема замещения с.н., а в таблице 13 ее параметры.

										Лис
										39
Из	Лис	№ докум	Подпис	Дата						

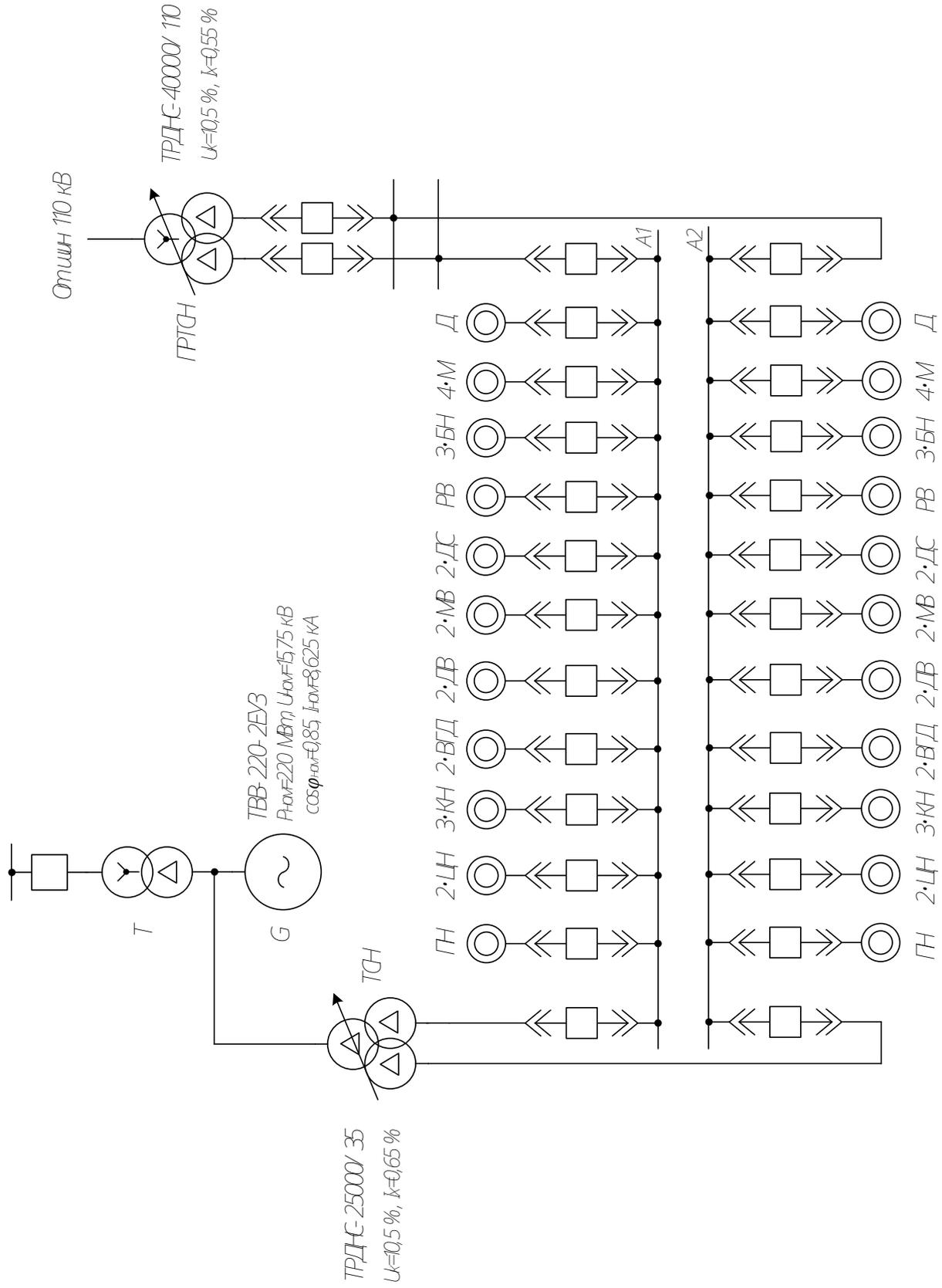


Рисунок 10 – Схема питания с.п.б. блока 220 Мвт

ИЗ	Лис	№ докум	Подпис	Дата	Лис №40
М	т		ь		



### 8.3 Определение агрегатов с.н., участвующих в самозапуске

При определении состава электроприводов, участвующих в самозапуске, необходимо учитывать не только механизмы, которые до перерыва электроснабжения находились в работе, но и резервные, которые могут быть включены автоматически устройствами АВР по технологическим параметрам.

При перерыве электроснабжения больше 0,5 с необходимо учитывать уменьшение числа электроприводов вследствие отключения неответственных механизмов I ступенью защиты минимального напряжения.

При малом времени перерыва электроснабжения I ступень защиты минимального напряжения может не успеть сработать и в самозапуске будут участвовать электроприводы неответственных механизмов.

По степени ответственности в обеспечении технологического режима и участию в самозапуске электроприводы с. н. следует разделить на три группы:

А. Электроприводы механизмов, отключение которых не приводит к изменению нагрузки котлов, турбин, генераторов, - неответственные электродвигатели, которые должны отключаться действием I ступени защиты минимального напряжения (например, электродвигатели шаровых мельниц, перекачивающих насосов, багерных и шламовых насосов ГЗУ, топливоподачи и др.).

Б. Электроприводы механизмов, отключение которых приводит к нарушению технологического режима и снижению нагрузки котлов, турбин, генераторов, но не вызывает повреждения основного оборудования, - ответственные электродвигатели, которые должны или могут отключаться действием II ступени защиты минимального напряжения (например, электродвигатели дутьевых вентиляторов, бустерных, конденсатных насосов и др.).

В. Электроприводы механизмов, отключение которых может привести к повреждению котла, турбины, генератора, - особо ответственные электродвигатели, которые не должны отключаться защитой минимального напряжения.

Многоскоростные электроприводы групп Б и В при действии защиты минимального напряжения могут автоматически переводиться на первую скорость.

В самозапуске участвуют электродвигатели, принадлежащие к группам Б и В. Общее число агрегатов, участвующих в самозапуске – 18:

№1	ПН	Питательный насос
№ 2,3	ЦН	Циркуляционный насос
№ 4,5,6	КН	Конденсатный насос
№ 7,8	ВГД	Вентилятор горячего дутья
№ 9,10	ДВ	Дутьевой вентилятор
№ 11,12	МВ	Мельничный вентилятор
№ 13,14	ДС	Дымосос
№ 15	РВ	Резервный возбудитель
№ 16,17,18	БН	Бустерный насос

Если не удастся обеспечить самозапуск всех ответственных электродвигателей, то часть их приходится отключать и затем после окончания самозапуска основных агрегатов включать эти двигатели все сразу или поочередно при помощи АРВ.

						Лис
						№ 42
Из	Лис	№ докум	Подпис	Дата		

## 8.4 Расчет самозапуска группы двигателей

Расчет производится для случая самозапуска от ненагруженного резервного источника питания. Методика расчета основана на методе эквивалентного двигателя, по которой можно достаточно быстро определить значение начального напряжения при самозапуске, которое сравнивается с минимально допустимым для комплекса двигателей, характерного для данного вида электростанции.

Величина начального напряжения рассчитывается по формуле, о.е.

$$U_{\text{нач}} = \frac{U_c}{1 + \frac{\sqrt{3} \cdot x_{\Sigma} \cdot k_i \cdot I_{\text{пуск}}}{U_{\text{ном.д}}}}, \quad (22)$$

где  $U_c = 1,033$  – относительное напряжение источника с учетом положения переключателя ответвлений;

$x_{\Sigma} = x_m + x_{\text{ш}}$  – суммарное сопротивление цепи питания, Ом;

$x_m = \frac{U_k \cdot U_{\text{ном.т}}^2}{100 \cdot S_{\text{ном.т}}}$  – сопротивление резервного трансформатора;

$x_{\text{ш}} = 0,04$  – сопротивление шин;

$k_i$  – коэффициент, учитывающий уменьшение кратности пускового тока электродвигателей при самозапуске по сравнению с его значением для заторможенных двигателей.

$I_{\text{пуск}} = \sum_{i=1}^n k_{ni} \cdot I_{\text{ном.д.и}}$  – суммарный пусковой ток заторможенных электродвигателей, А;

$k_{ni}$  – паспортное значение кратности пускового тока.

$$x_m = \frac{10,5 \cdot 6300^2}{100 \cdot 40 \cdot 10^6} = 0,104 \text{ Ом},$$

$$x_{\Sigma} = 0,104 + 0,04 = 0,144 \text{ Ом},$$

$$I_{\text{пуск}} = 876,37 \cdot 6 + 125,29 \cdot 6,5 \cdot 2 + 56,27 \cdot 6,5 \cdot 3 + 32,74 \cdot 6 \cdot 2 + 96,77 \cdot 6,4 \cdot 2 + 73,58 \cdot 7 \cdot 2 + 227,8 \cdot 7 \cdot 2 + 287,15 \cdot 5,7 + 125,29 \cdot 6,5 \cdot 3 = 17915,021 \text{ А}.$$

Для перерыва питания  $t_{\text{пер}} = 4 \text{ с}$ ,  $k_i = 0,93$

$$U_{\text{нач}} = \frac{1,033}{1 + \frac{\sqrt{3} \cdot 0,144 \cdot 0,93 \cdot 17915,021}{6000}} = 0,61 \text{ о.е.}$$

Для перерыва питания  $t_{\text{пер}} = 3 \text{ с}$ ,  $k_i = 0,87$

$$U_{\text{нач}} = \frac{1,033}{1 + \frac{\sqrt{3} \cdot 0,144 \cdot 0,87 \cdot 17915,021}{6000}} = 0,627 \text{ о.е.}$$

Для перерыва питания  $t_{\text{пер}} = 2,5 \text{ с}$ ,  $k_i = 0,84$

$$U_{\text{нач}} = \frac{1,033}{1 + \frac{\sqrt{3} \cdot 0,144 \cdot 0,84 \cdot 17915,021}{6000}} = 0,635 \text{ о.е.}$$

Для обеспечения самозапуска электродвигателей, величина  $U_{\text{нач}}$ , для станций высокого давления, составляет  $(0,58 - 0,6) \cdot U_{\text{нач}}$ . Следовательно, самозапуск электродвигателей обеспечивается.

## 8.5 Расчет самозапуска на ЭВМ

										Лис
										43
Из	Лис	№ докум	Подпис	Дата						



## ПАРАМЕТРЫ ДВИГАТЕЛЕЙ

N	W	Ин	COSφ	bн	Sn	Xк	Kз	Tj
1	8000	876	.90	2.3	0.50	6.0	0.66	2
2	1000	125	.80	2.5	0.90	6.5	0.70	0
3	1000	125	.80	2.5	0.90	6.5	0.70	0
4	500	56	.90	2.5	0.90	6.5	0.70	1
5	500	56	.90	2.5	0.90	6.5	0.70	1
6	500	56	.90	2.5	0.90	6.5	0.70	1
7	250	33	.79	2.4	1.20	6.0	0.62	0
8	250	33	.79	2.4	1.20	6.0	0.62	0
9	800	97	.86	2.5	0.88	6.4	0.55	4
10	800	97	.86	2.5	0.88	6.4	0.55	4
11	630	74	.87	2.5	1.10	7.0	0.57	0
12	630	74	.87	2.5	1.10	7.0	0.57	0
13	2000	228	.88	2.3	0.80	7.0	0.52	0
14	2000	228	.88	2.3	0.80	7.0	0.52	0
15	2500	287	.88	2.3	0.55	5.7	0.32	6
16	1000	125	.80	2.5	0.90	6.5	0.40	0
17	1000	125	.80	2.5	0.90	6.5	0.40	0
18	1000	125	.80	2.5	0.90	6.5	0.40	0

## ПАРАМЕТРЫ МЕХАНИЗМОВ

## ПОСТ.ВР.АГРЕГАТОВ

N	Mo	p	Tj	Tj
1	.10	3	3	5
2	.09	2	0	2
3	.09	2	0	2
4	.12	3	10	11
5	.12	3	10	11
6	.12	3	10	11
7	.12	2	12	13
8	.12	2	12	13
9	.10	2	0	20
10	.10	2	0	20
11	.16	2	15	16
12	.16	2	15	16
13	.10	2	9	10
14	.10	2	9	10
15	.10	1	4	10
16	.13	3	1	2
17	.13	3	1	2
18	.13	3	1	2

ОШИБКА РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ ПУСКА СОСТАВЛЯЕТ 15.36% ( 68.09с)

НАПРЯЖЕНИЕ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ = 1.00 о.е.

СОПРОТИВЛЕНИЕ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ = 0.10 Ом

ВРЕМЯ ПЕРЕРЫВА ПИТАНИЯ = 2.50 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА САМОЗАПУСКА

СКОЛЬЖЕНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ К МОМЕНТУ ПОДАЧИ НАПРЯЖЕНИЯ = 0.21 о.е.

НАЧАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ НА СЕКЦИИ = 0.65 о.е.

ВРЕМЯ САМОЗАПУСКА = 37.50 с ; НАПРЯЖЕНИЕ НА СЕКЦИИ = 0.72 о.е.

## АГРЕГАТ

## ВРЕМЯ САМОЗАПУСКА, с.

1	НЕ ЗАПУСТИЛСЯ !
2	ПУСК ЗАТЯНУТ !
3	ПУСК ЗАТЯНУТ !

Из	Лис	№ докум	Подпис	Дата



3	4.50
4	11.20
5	11.20
6	11.20
7	9.10
8	9.10
9	12.30
10	12.30
11	9.30
12	9.30
13	11.20
14	11.20
15	13.70
16	3.30
17	3.30
18	3.30

-----  
 \*\*\*\*\*

167 БЛОК 220 МВТ РАСПЕЧАТКА N 4  
 ЧИСЛО АГРЕГАТОВ УМЕНЬШЕНО - ОТКЛЮЧЕН 1й БН  
 ОШИБКА РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ ПУСКА СОСТАВЛЯЕТ 15.36% ( 68.09с)  
 НАПРЯЖЕНИЕ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ = 1.00 о.е.  
 СОПРОТИВЛЕНИЕ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ = 0.10 Ом  
 ВРЕМЯ ПЕРЕРЫВА ПИТАНИЯ = 2.50 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА САМОЗАПУСКА  
 СКОЛЬЖЕНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ К МОМЕНТУ ПОДАЧИ НАПРЯЖЕНИЯ = 0.21 о.е.  
 НАЧАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ НА СЕКЦИИ = 0.66 о.е.  
 ВРЕМЯ САМОЗАПУСКА = 37.50 с ; НАПРЯЖЕНИЕ НА СЕКЦИИ = 0.76 о.е.

АГРЕГАТ	ВРЕМЯ САМОЗАПУСКА, с.
1	НЕ ЗАПУСТИЛСЯ !
2	ПУСК ЗАТЯНУТ !
3	ПУСК ЗАТЯНУТ !
4	17.10
5	17.10
6	17.10
7	16.60
8	16.60
9	22.20 *
10	22.20 *
11	16.60
12	16.60
13	34.10 *
14	34.10 *
15	НЕ ЗАПУСТИЛСЯ !
16	3.60
17	3.60

-----  
 \*\*\*\*\*

167 БЛОК 220 МВТ РАСПЕЧАТКА N 5  
 ОШИБКА РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ ПУСКА СОСТАВЛЯЕТ 15.36% ( 68.09с)  
 НАПРЯЖЕНИЕ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ = 1.05 о.е.  
 СОПРОТИВЛЕНИЕ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ = 0.10 Ом  
 ВРЕМЯ ПЕРЕРЫВА ПИТАНИЯ = 2.50 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА САМОЗАПУСКА  
 СКОЛЬЖЕНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ К МОМЕНТУ ПОДАЧИ НАПРЯЖЕНИЯ = 0.21 о.е.  
 НАЧАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ НА СЕКЦИИ = 0.69 о.е.  
 ВРЕМЯ САМОЗАПУСКА = 37.50 с ; НАПРЯЖЕНИЕ НА СЕКЦИИ = 0.85 о.е.

АГРЕГАТ	ВРЕМЯ САМОЗАПУСКА, с.
1	НЕ ЗАПУСТИЛСЯ !
2	5.70

3	5.70
4	11.80
5	11.80
6	11.80
7	11.60
8	11.60
9	14.60
10	14.60
11	11.10
12	11.10
13	14.00
14	14.00
15	17.80
16	3.40
17	3.40

-----  
 \*\*\*\*\*

167 БЛОК 220 МВТ РАСПЕЧАТКА N 6  
 ОШИБКА РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ ПУСКА СОСТАВЛЯЕТ 15.36% ( 68.09с)  
 НАПРЯЖЕНИЕ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ = 1.10 о.е.  
 СОПРОТИВЛЕНИЕ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ = 0.10 Ом  
 ВРЕМЯ ПЕРЕРЫВА ПИТАНИЯ = 2.50 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА САМОЗАПУСКА  
 СКОЛЬЖЕНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ К МОМЕНТУ ПОДАЧИ НАПРЯЖЕНИЯ = 0.21 о.е.  
 НАЧАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ НА СЕКЦИИ = 0.73 о.е.  
 ВРЕМЯ САМОЗАПУСКА = 37.50 с ; НАПРЯЖЕНИЕ НА СЕКЦИИ = 0.89 о.е.

-----  
 АГРЕГАТ                      ВРЕМЯ САМОЗАПУСКА, с.

1	НЕ ЗАПУСТИЛСЯ !
2	4.30
3	4.30
4	10.40
5	10.40
6	10.40
7	8.70
8	8.70
9	11.80
10	11.80
11	9.00
12	9.00
13	10.40
14	10.40
15	12.90
16	3.30
17	3.30

-----  
 \*\*\*\*\*

167 БЛОК 220 МВТ РАСПЕЧАТКА N 7  
 ЧИСЛО АГРЕГАТОВ УМЕНЬШЕНО - ОТКЛЮЧЕН 2й ВН  
 ОШИБКА РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ ПУСКА СОСТАВЛЯЕТ 15.36% ( 68.09с)  
 НАПРЯЖЕНИЕ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ = 1.00 о.е.  
 СОПРОТИВЛЕНИЕ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ = 0.10 Ом  
 ВРЕМЯ ПЕРЕРЫВА ПИТАНИЯ = 2.50 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА САМОЗАПУСКА  
 СКОЛЬЖЕНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ К МОМЕНТУ ПОДАЧИ НАПРЯЖЕНИЯ = 0.21 о.е.  
 НАЧАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ НА СЕКЦИИ = 0.67 о.е.  
 ВРЕМЯ САМОЗАПУСКА = 37.50 с ; НАПРЯЖЕНИЕ НА СЕКЦИИ = 0.77 о.е.

-----  
 АГРЕГАТ                      ВРЕМЯ САМОЗАПУСКА, с.

1	НЕ ЗАПУСТИЛСЯ !
2	ПУСК ЗАТЯНУТ !
3	ПУСК ЗАТЯНУТ !

Из	Лис	№ докум	Подпис	Дата	Лис №48
----	-----	---------	--------	------	------------

4	15.90
5	15.90
6	15.90
7	15.40
8	15.40
9	20.80 *
10	20.80 *
11	15.40
12	15.40
13	26.70 *
14	26.70 *
15	ПУСК ЗАТЯНУТ !
16	3.50

-----  
 \*\*\*\*\*

167 БЛОК 220 МВТ РАСПЕЧАТКА N 8  
 ОШИБКА РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ ПУСКА СОСТАВЛЯЕТ 15.36% ( 68.09с)  
 НАПРЯЖЕНИЕ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ = 1.05 о.е.  
 СОПРОТИВЛЕНИЕ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ = 0.10 Ом  
 ВРЕМЯ ПЕРЕРЫВА ПИТАНИЯ = 2.50 с.  
 РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА САМОЗАПУСКА  
 СКОЛЬЖЕНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ К МОМЕНТУ ПОДАЧИ НАПРЯЖЕНИЯ = 0.21 о.е.  
 НАЧАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ НА СЕКЦИИ = 0.71 о.е.  
 ВРЕМЯ САМОЗАПУСКА = 37.50 с ; НАПРЯЖЕНИЕ НА СЕКЦИИ = 0.86 о.е.

АГРЕГАТ	ВРЕМЯ САМОЗАПУСКА, с.
1	НЕ ЗАПУСТИЛСЯ !
2	5.00
3	5.00
4	11.20
5	11.20
6	11.20
7	11.10
8	11.10
9	13.70
10	13.70
11	10.40
12	10.40
13	12.70
14	12.70
15	16.00
16	3.40

-----  
 \*\*\*\*\*

167 БЛОК 220 МВТ РАСПЕЧАТКА N 9  
 ОШИБКА РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ ПУСКА СОСТАВЛЯЕТ 15.36% ( 68.09с)  
 НАПРЯЖЕНИЕ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ = 1.10 о.е.  
 СОПРОТИВЛЕНИЕ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ = 0.10 Ом  
 ВРЕМЯ ПЕРЕРЫВА ПИТАНИЯ = 2.50 с.  
 РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА САМОЗАПУСКА  
 СКОЛЬЖЕНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ К МОМЕНТУ ПОДАЧИ НАПРЯЖЕНИЯ = 0.21 о.е.  
 НАЧАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ НА СЕКЦИИ = 0.74 о.е.  
 ВРЕМЯ САМОЗАПУСКА = 37.50 с ; НАПРЯЖЕНИЕ НА СЕКЦИИ = 0.90 о.е.

АГРЕГАТ	ВРЕМЯ САМОЗАПУСКА, с.
1	НЕ ЗАПУСТИЛСЯ !
2	4.00
3	4.00
4	9.70
5	9.70
6	9.70

										Лис
										№
Из	Лис	№ докум	Подпис	Дата						49

7	8.30
8	8.30
9	11.30
10	11.30
11	8.70
12	8.70
13	9.70
14	9.70
15	12.00
16	3.20

\*\*\*\*\*

167 БЛОК 220 МВТ РАСПЕЧАТКА N 10  
 ИЗМЕНЕНИЕ МОЩНОСТИ ПУСКОРЕЗЕРВНОГО ТРАНСФОРМАТОРА  
 ОШИБКА РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ ПУСКА СОСТАВЛЯЕТ 15.36% ( 68.09с)  
 НАПРЯЖЕНИЕ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ = 1.00 о.е.  
 СОПРОТИВЛЕНИЕ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ = 0.07 Ом  
 ВРЕМЯ ПЕРЕРЫВА ПИТАНИЯ = 2.50 с.  
 РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА САМОЗАПУСКА  
 СКОЛЬЖЕНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ К МОМЕНТУ ПОДАЧИ НАПРЯЖЕНИЯ = 0.22 о.е.  
 НАЧАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ НА СЕКЦИИ = 0.75 о.е.  
 ВРЕМЯ САМОЗАПУСКА = 37.50 с ; НАПРЯЖЕНИЕ НА СЕКЦИИ = 0.87 о.е.

АГРЕГАТ	ВРЕМЯ САМОЗАПУСКА, с.
1	НЕ ЗАПУСТИЛСЯ !
2	4.00
3	4.00
4	9.90
5	9.90
6	9.90
7	8.30
8	8.30
9	11.60
10	11.60
11	8.70
12	8.70
13	9.80
14	9.80
15	12.50
16	3.30
17	3.30
18	3.30

\*\*\*\*\*

167 БЛОК 220 МВТ РАСПЕЧАТКА N 11  
 ОШИБКА РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ ПУСКА СОСТАВЛЯЕТ 15.36% ( 68.09с)  
 НАПРЯЖЕНИЕ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ = 1.05 о.е.  
 СОПРОТИВЛЕНИЕ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ = 0.07 Ом  
 ВРЕМЯ ПЕРЕРЫВА ПИТАНИЯ = 2.50 с.  
 РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА САМОЗАПУСКА  
 СКОЛЬЖЕНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ К МОМЕНТУ ПОДАЧИ НАПРЯЖЕНИЯ = 0.22 о.е.  
 НАЧАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ НА СЕКЦИИ = 0.78 о.е.  
 ВРЕМЯ САМОЗАПУСКА = 35.50 с ; НАПРЯЖЕНИЕ НА СЕКЦИИ = 0.98 о.е.

АГРЕГАТ	ВРЕМЯ САМОЗАПУСКА, с.
1	35.40 *
2	3.60
3	3.60
4	7.50
5	7.50
6	7.50

						Лис
						№50
Из	Лис	№ докум	Подпис	Дата		

7	7.10
8	7.10
9	9.90
10	9.90
11	7.60
12	7.60
13	8.10
14	8.10
15	10.10
16	3.20
17	3.20
18	3.20

-----  
 \*\*\*\*\*

167 БЛОК 220 МВТ РАСПЕЧАТКА N 12  
 ОШИБКА РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ ПУСКА СОСТАВЛЯЕТ 15.36% ( 68.09с)  
 НАПРЯЖЕНИЕ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ = 1.10 о.е.  
 СОПРОТИВЛЕНИЕ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ = 0.07 Ом  
 ВРЕМЯ ПЕРЕРЫВА ПИТАНИЯ = 2.50 с.  
 РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА САМОЗАПУСКА  
 СКОЛЬЖЕНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ К МОМЕНТУ ПОДАЧИ НАПРЯЖЕНИЯ = 0.22 о.е.  
 НАЧАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ НА СЕКЦИИ = 0.82 о.е.  
 ВРЕМЯ САМОЗАПУСКА = 13.40 с ; НАПРЯЖЕНИЕ НА СЕКЦИИ = 1.02 о.е.

АГРЕГАТ	ВРЕМЯ САМОЗАПУСКА, с.
1	13.30
2	3.40
3	3.40
4	6.50
5	6.50
6	6.50
7	6.30
8	6.30
9	8.70
10	8.70
11	6.80
12	6.80
13	7.00
14	7.00
15	8.60
16	3.10
17	3.10
18	3.10

-----  
 Известно, что самозапуск считается успешным если выполняются три основных условия:

1. все двигатели запустился;
2. не один из них не перегрелся;
3. не нарушился технологический режим.

Так же должно учитываться  $t_{сз}$ . Для станций высокого давления -  $t_{сз} = 20-25$  с.

Входе расчета самозапуска, для его успешного обеспечения, были предприняты ряд мер:

1. повышение напряжения на шинах с.н. до 1,05-1,1 номинального;
2. уменьшение числа агрегатов, участвующих в самозапуске (отключение БН);
3. изменение мощности ПРТСН.

В результате получили, что самозапуск оказался успешным при:

1. мощность пускорезервного трансформатора собственных нужд = 63 МВА;
2. напряжение питающей сети = 1,1 о.е.;
3. время перерыва питания = 2,5 с.

На рисунке 12 приведены основные зависимости (  $I=f(t)$ ,  $U=f(t)$ ,  $S=f(t)$  ) двигателей при самозапуске. В таблице 14 приведены значения основных параметров двигателей.

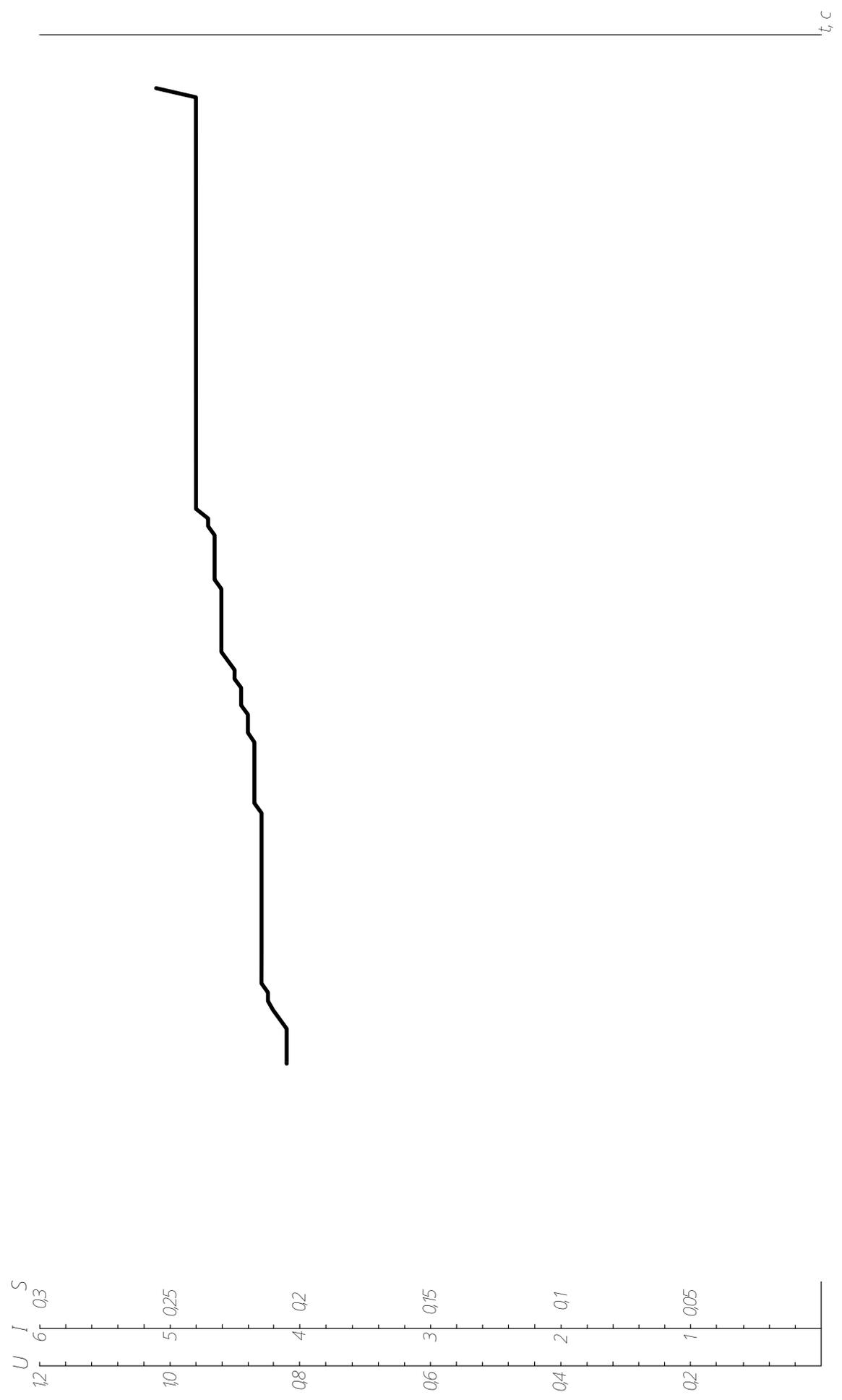
						Лис
						№ 51
Из	Лис	№ докум	Подпис	Дата		

Таблица 14 – Значения основных параметров двигателей

t, c	U, о.е.	Σ, о.е.	ПН (1)		ЦН (2,3)		КН (4,5,6)		ВГД (7,8)		ДВ (9,10)		МВ (11,12)		ДС (13,14)		РВ (15)		БН (16,17,18)	
			S	I	S	I	S	I	S	I	S	I	S	I	S	I	S	I	S	I
2,5	0,82	94,07	0,22	4,91	0,22	5,25	0,22	5,25	0,22	4,79	0,22	5,17	0,22	5,6	0,22	5,69	0,22	4,66	0,22	5,25
2,6	0,82	94	0,22	4,92	0,2	5,24	0,21	5,25	0,21	4,79	0,21	5,17	0,21	5,6	0,21	5,69	0,21	4,66	0,19	5,23
2,7	0,82	93,9	0,22	4,92	0,19	5,23	0,21	5,25	0,21	4,79	0,21	5,17	0,21	5,6	0,21	5,69	0,21	4,67	0,17	5,2
2,8	0,82	93,68	0,22	4,92	0,18	5,21	0,21	5,25	0,21	4,78	0,21	5,18	0,21	5,6	0,21	5,69	0,21	4,67	0,15	5,14
2,9	0,82	93,33	0,22	4,92	0,17	5,19	0,21	5,25	0,2	4,78	0,21	5,18	0,21	5,6	0,21	5,7	0,21	4,67	0,12	5,03
3	0,83	92,44	0,22	4,94	0,15	5,17	0,2	5,26	0,2	4,79	0,21	5,19	0,2	5,61	0,21	5,71	0,21	4,68	0,08	4,7
3,1	0,84	87,44	0,22	5	0,13	5,17	0,2	5,33	0,2	4,85	0,21	5,26	0,2	5,68	0,21	5,78	0,21	4,75	0,03	2,74
3,2	0,85	83,2	0,22	5,06	0,1	5,08	0,2	5,39	0,19	4,9	0,21	5,32	0,2	5,74	0,2	5,85	0,21	4,8	0,01	1,13
3,3	0,85	82,3	0,22	5,07	0,06	4,99	0,2	5,39	0,19	4,9	0,2	5,33	0,19	5,75	0,2	5,86	0,21	4,81	0,01	1,13
3,4	0,86	76,63	0,22	5,15	0,01	1,21	0,19	5,47	0,19	4,97	0,2	5,41	0,19	5,83	0,2	5,95	0,21	4,88	0,01	1,15
3,5	0,86	76,47	0,22	5,15	0,01	1,15	0,19	5,47	0,18	4,96	0,2	5,41	0,19	5,82	0,2	5,95	0,21	4,88	0,01	1,15
3,6	0,86	76,36	0,22	5,15	0,01	1,15	0,19	5,46	0,18	4,95	0,2	5,4	0,18	5,81	0,19	5,94	0,2	4,88	0,01	1,15
3,7	0,86	76,34	0,22	5,15	0,01	1,15	0,18	5,46	0,18	4,95	0,2	5,4	0,18	5,8	0,19	5,94	0,2	4,88	0,01	1,15
3,8	0,86	76,27	0,22	5,15	0,01	1,15	0,18	5,45	0,17	4,93	0,2	5,4	0,18	5,8	0,19	5,94	0,2	4,88	0,01	1,15
3,9	0,86	76,23	0,22	5,15	0,01	1,15	0,18	5,45	0,17	4,92	0,19	5,4	0,17	5,79	0,19	5,94	0,2	4,88	0,01	1,15
4	0,86	76,16	0,22	5,15	0,01	1,15	0,17	5,44	0,17	4,91	0,19	5,4	0,17	5,78	0,18	5,94	0,2	4,88	0,01	1,15
4,1	0,86	76,08	0,22	5,15	0,01	1,15	0,17	5,44	0,16	4,9	0,19	5,39	0,17	5,77	0,18	5,93	0,2	4,88	0,01	1,15
4,2	0,86	75,97	0,22	5,15	0,01	1,15	0,16	5,43	0,15	4,88	0,19	5,39	0,16	5,75	0,18	5,93	0,2	4,88	0,01	1,15
4,3	0,86	75,88	0,23	5,15	0,01	1,15	0,16	5,42	0,15	4,86	0,19	5,39	0,16	5,74	0,18	5,93	0,19	4,88	0,01	1,15
4,4	0,86	75,8	0,23	5,16	0,01	1,15	0,16	5,41	0,14	4,84	0,18	5,39	0,15	5,73	0,17	5,93	0,19	4,88	0,01	1,15
4,5	0,86	75,67	0,23	5,16	0,01	1,15	0,15	5,4	0,14	4,82	0,18	5,39	0,15	5,71	0,17	5,92	0,19	4,88	0,01	1,15
4,6	0,86	75,52	0,23	5,16	0,01	1,15	0,15	5,39	0,13	4,79	0,18	5,38	0,15	5,69	0,17	5,92	0,19	4,88	0,01	1,15
4,7	0,86	75,39	0,23	5,16	0,01	1,15	0,14	5,38	0,13	4,76	0,18	5,38	0,14	5,67	0,16	5,92	0,19	4,88	0,01	1,15
4,8	0,86	75,19	0,23	5,16	0,01	1,15	0,14	5,36	0,12	4,72	0,18	5,38	0,14	5,65	0,16	5,91	0,19	4,88	0,01	1,15
4,9	0,86	74,99	0,23	5,16	0,01	1,15	0,13	5,34	0,11	4,68	0,17	5,38	0,13	5,62	0,16	5,91	0,18	4,88	0,01	1,15
5	0,86	74,73	0,23	5,16	0,01	1,15	0,13	5,32	0,11	4,62	0,17	5,37	0,13	5,6	0,15	5,9	0,18	4,88	0,01	1,15
5,1	0,86	74,47	0,23	5,16	0,01	1,15	0,12	5,3	0,1	4,56	0,17	5,37	0,12	5,56	0,15	5,9	0,18	4,88	0,01	1,15
5,2	0,86	74,13	0,23	5,17	0,01	1,15	0,12	5,27	0,09	4,48	0,17	5,37	0,12	5,52	0,15	5,89	0,18	4,88	0,01	1,15
5,3	0,86	73,77	0,23	5,17	0,01	1,15	0,11	5,24	0,09	4,38	0,16	5,37	0,11	5,48	0,14	5,89	0,18	4,89	0,01	1,15
5,4	0,87	73,25	0,23	5,17	0,01	1,15	0,1	5,2	0,08	4,25	0,16	5,36	0,11	5,43	0,14	5,88	0,17	4,89	0,01	1,15
5,5	0,87	72,6	0,23	5,17	0,01	1,15	0,1	5,15	0,07	4,08	0,16	5,36	0,1	5,36	0,14	5,87	0,17	4,89	0,01	1,15
5,6	0,87	71,79	0,23	5,17	0,01	1,15	0,09	5,08	0,06	3,87	0,16	5,36	0,09	5,28	0,13	5,86	0,17	4,89	0,01	1,15
5,7	0,87	70,8	0,23	5,17	0,01	1,15	0,08	5	0,05	3,58	0,15	5,36	0,09	5,19	0,13	5,86	0,17	4,9	0,01	1,15
5,8	0,87	69,48	0,23	5,19	0,01	1,15	0,07	4,88	0,04	3,22	0,15	5,36	0,08	5,07	0,12	5,85	0,17	4,9	0,01	1,15
5,9	0,87	67,87	0,23	5,2	0,01	1,16	0,06	4,72	0,03	2,78	0,15	5,36	0,07	4,92	0,12	5,84	0,16	4,91	0,01	1,16
6	0,87	65,76	0,23	5,21	0,01	1,16	0,06	4,47	0,03	2,31	0,15	5,36	0,06	4,72	0,11	5,82	0,16	4,92	0,01	1,16
6,1	0,87	63,27	0,23	5,22	0,01	1,16	0,04	4,1	0,02	1,86	0,14	5,37	0,06	4,47	0,1	5,81	0,16	4,93	0,01	1,16
6,2	0,88	60,3	0,23	5,24	0,01	1,17	0,03	3,55	0,02	1,5	0,14	5,38	0,05	4,14	0,1	5,79	0,16	4,94	0,01	1,17
6,3	0,88	56,66	0,23	5,26	0,01	1,17	0,02	2,79	0,01	1,25	0,14	5,39	0,04	3,72	0,09	5,76	0,16	4,94	0,01	1,17
6,4	0,88	53,01	0,23	5,28	0,01	1,18	0,02	1,97	0,01	1,13	0,13	5,4	0,03	3,22	0,08	5,72	0,15	4,98	0,01	1,18
6,5	0,89	50,13	0,23	5,3	0,01	1,18	0,01	1,41	0,01	1,14	0,13	5,41	0,02	2,66	0,08	5,64	0,15	5	0,01	1,18
6,6	0,89	48,17	0,23	5,32	0,01	1,18	0,01	1,18	0,01	1,14	0,13	5,42	0,02	2,13	0,07	5,51	0,15	5,01	0,01	1,18
6,7	0,89	46,98	0,23	5,34	0,01	1,19	0,01	1,19	0,01	1,14	0,12	5,42	0,01	1,7	0,06	5,29	0,14	5,02	0,01	1,19
6,8	0,9	45,64	0,23	5,36	0,01	1,19	0,01	1,19	0,01	1,15	0,12	5,42	0,01	1,39	0,04	4,9	0,14	5,04	0,01	1,19
6,9	0,9	44,11	0,23	5,4	0,01	1,2	0,01	1,2	0,01	1,16	0,12	5,44	0,01	1,29	0,03	4,13	0,14	5,07	0,01	1,2
7	0,91	41,65	0,23	5,46	0,01	1,21	0,01	1,21	0,01	1,17	0,11	5,48	0,01	1,31	0,02	2,73	0,13	5,13	0,01	1,21
7,1	0,92	39,4	0,23	5,52	0,01	1,23	0,01	1,23	0,01	1,18	0,11	5,5	0,01	1,31	0,01	1,44	0,13	5,18	0,01	1,23
7,2	0,92	39,35	0,23	5,52	0,01	1,23	0,01	1,23	0,01	1,18	0,1	5,47	0,01	1,32	0,01	1,44	0,13	5,17	0,01	1,23
7,3	0,92	39,27	0,23	5,52	0,01	1,23	0,01	1,23	0,01	1,18	0,1	5,43	0,01	1,32	0,01	1,44	0,12	5,17	0,01	1,23
7,4	0,92	39,16	0,23	5,52	0,01	1,23	0,01	1,23	0,01	1,18	0,09	5,38	0,01	1,32	0,01	1,44	0,12	5,16	0,01	1,23
7,5	0,92	39,03	0,23	5,52	0,01	1,23	0,01	1,23	0,01	1,18	0,09	5,32	0,01	1,32	0,01	1,44	0,11	5,15	0,01	1,23
7,6	0,92	38,88	0,23	5,52	0,01	1,23	0,01	1,23	0,01	1,18	0,08	5,25	0,01	1,32	0,01	1,44	0,11	5,14	0,01	1,23
7,7	0,92	38,69	0,22	5,52	0,01	1,23	0,01	1,23	0,01	1,18	0,08	5,16	0,01	1,32	0,01	1,44	0,1	5,13	0,01	1,23
7,8	0,92	38,48	0,22	5,53	0,01	1,23	0,01	1,23	0,01	1,19	0,07	5,05	0,01	1,32	0,01	1,44	0,1	5,11	0,01	1,23
7,9	0,93	38,19	0,22	5,53	0,01	1,23	0,01	1,23	0,01	1,19	0,06	4,9	0,01	1,32	0,01	1,45	0,09	5,1	0,01	1,23
8	0,93	37,78	0,22	5,53	0,01	1,23	0,01	1,23	0,01	1,19	0,06	4,71	0,01	1,32	0,01	1,45	0,08	5,07	0,01	1,23
8,1	0,93	37,23	0,22	5,54	0,01	1,23	0,01	1,23	0,01	1,19	0,05	4,45	0,01	1,32	0,01	1,45	0,07	5,03	0,01	1,23
8,2	0,93	36,47	0,22	5,55	0,01	1,23	0,01	1,23	0,01	1,19	0,04	4,09	0,01	1,32	0,01	1,45	0,07	4,98	0,01	1,23
8,3	0,93	35,55	0,22	5,56	0,01	1,24	0,01	1,24	0,01	1,19	0,03	3,62	0,01	1,33	0,01	1,45	0,06	4,89	0,01	1,24
8,4	0,93	34,29	0,22	5,57	0,01	1,24	0,01	1,24	0,01	1,2	0,02	3,04	0,01	1,34	0,01	1,46	0,05	4,72	0,01	1,24
8,5	0,94	32,71	0,22	5,6	0,01	1,25	0,01	1,25	0,01	1,2	0,02	2,4	0,01	1,34	0,01	1,46	0,03	4,31	0,01	1,25
8,6	0,94	30,57	0,22	5,64	0,01	1,26	0,01	1,26	0,01	1,21	0,01	1,82	0,01	1,35	0,01	1,48	0,02	3,13	0,01	1,26
8,7	0,96	28,01	0,22	5,71	0,01	1,27	0,01													



—  $I(t)$



					Лис № 54
Из	Лис	№ докум	Подпис	Дата	
м	т		ь		



