

КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ ГЛАВНОГО ПРИВОДА ПОДЪЕМНОГО АГРЕГАТА БУРОВОЙ УСТАНОВКИ 6 КЛАССА С ЛЕБЕДКОЙ ЛБ-650Е

Карпенко В.Н.

ГП „Науканефтегаз”

Эсауленко В.А., Никорюк Н.С.

Донецкий национальный технический университет

Национальной программой “Нефть и газ Украины на период до 2010 года” ставилось задание резкого увеличения объемов поисково-разведывательного и эксплуатационного бурения. Для ее решения в конце 1993 года была разработана и утверждена “Межотраслевая комплексная научно-техническая программа организации изготовления бурового, нефтегазопромышленного, нефтеперерабатывающего оборудования и техники для строительства нефтегазопроводов до 2010 года”, которой предусматривалось почти полное удовлетворение потребностей нефтегазовой промышленности в буровом оборудовании собственного производства. Но эта программа не была выполнена через прекращение её финансирования.

Основным сдерживающим фактором, снижающим уровень собственного обеспечения Украины нефтью, газом и конденсатом, является устаревший парк буровых установок (БУ) [1]. Так средний срок эксплуатации БУ превышает десять, а максимальный – двадцать лет, а за последние десять лет приобретено меньше 20% от их общего количества. Они изготовлены производителями, которые находятся в пяти разных странах. Этот парк представлен 16 моделями, которые по ГОСТу 16293-89 принадлежат пяти классам (2-го, 4-го, 5-го, 6-го, 7-го) и установками с внеклассовыми параметрами БУ-3600/225. Средняя численность установок каждой модели составляет примерно десять комплектов, но фактически этот показатель изменяется в очень широких пределах - от 1 до 62 единиц. Шесть установок в составе парка (37,5% от общей номенклатуры моделей) существуют в единственном экземпляре (вместе 3,7% от общей численности), их существование не обусловлено объективной необходимостью, разнообразием природно-производственных условий сооружения скважин. Это усложняет эксплуатацию парка и снижает его эффективность.

Установки, которые составляют 81% от общей численности имеющегося парка, имеют главный привод с жесткими механическими характеристиками и ступенчатым регулированием угловой скорости. В дополнение к этому в наборах бурового оборудования Уралмаш-3Д и НБО-Д (36,6% общей численности) один из буровых насосов имеет групповой привод. Приводы такого типа лишь случайным образом позволяют одновременно реализовать желаемые значения параметров режима бурения – частоты вращения долота и подачи буровых насосов.

За время реформирования структуры нефтегазовой промышленности Украины (начиная с 1991 года) примерно в два раза уменьшился парк БУ (с 350 единиц в 1991 году до 181 – в 2006 году). Это в свою очередь существенно снижает ежегодный прирост добычи условного топлива за счет бурения новых скважин. Существующий в Украине парк БУ не является оптимальным по назначению (не соответствует глубине залегания углеводородов), что увеличивает затраты на бурение и стоимость самих буровых установок. Поэтому одной из главных задач в этой отрасли промышленности Украины является разработка и производство БУ, класс которых соответствует распределению залегания углеводородов по глубине. В последующие годы обновление парка БУ 6 класса должно осуществляться наиболее динамично [1].

Бурение нефтяных и газовых скважин в Украине БУ 6 класса типов „Уралмаш-3Д”(НБО-Д), „Уралмаш-4Э” (НБО-Э) имеет следующие недостатки:

- отсутствие плавного регулирования трех основных режимно-технологических параметров процесса бурения;
- отсутствие контроля, электронной регистрации режимно-технологических параметров процесса бурения и промывающей жидкости.

Эти основные технологические недостатки данного типа БУ приводят к ряду негативных явлений, которые снижают качество строительства нефтяных и газовых скважин, в частности, глубоких поисково-разведывательных.

Главная идея конструкторских решений построения БУ фирм “Нейшнл Сап плаи” (США), “Айдеко” (США), “Бендер” (США) – оснащение основных агрегатов установки плавно регулируемым электроприводом постоянного тока, для которых фирмой “Дженерел Электрик” разработаны специальные конструкции электродвигателей. Конструкции лебедок выполняются без механических передач – лебедка и два электродвигателя, автономный привод ротора и привод насосов – от двигателей постоянного тока. Электрический привод лебедки значительно упрощает схему управления лебедки. Он осуществляет как подъем буровой колонны с регулированием скорости, так и её спуск – с электрическим торможением и регулированием скорости спуска. На БУ Уралмаш-3Д для торможения при спуске буровой колонны используются гидродинамические тормоза, которые имеют очень сложную конструкцию, вес 7 тонн и ручное управление.

Современные концепции построения БУ ведущих производителей бурового оборудования (Россия, США, Канада, Германия, Китай, Румыния и т. д.) основываются на применении индивидуального плавно регулируемого электропривода всех её основных агрегатов: лебедки, автоматического регулятора подачи долота (АРПД), ротора и буровых насосов. Большинство стационарных БУ изготавливаются с автономными источниками энергопитания, что позволяет использовать их в различных условиях. Дизель-генераторные (Д-Г) энергоустановки обеспечивают питание приводов БУ напряжением постоянного или переменного тока, а дизель-гидравлические – энергией гидродвигатели соответствующих агрегатов. Основное преимущество гидропривода – малая металлоемкость и большие вращающие моменты этого привода при его абсолютной безопасности во взрывоопасных средах. Однако, надежность этого привода, как показали проведенные исследования его на железнодорожном транспорте в наиболее приближенных по технологическим нагрузкам, скоростям и климатическим условиям использования БУ, значительно уступает электроприводу постоянного тока. Поэтому в тепловозостроении отказались от применения этого привода тепловозов как в Украине, так и за границей.

Научно-техническая концепция построения систем плавного регулирования параметров процесса бурения дизель-электрических БУ заграничного производства показана на рис. 1. Д-Г установки постоянного тока (система дизель-ГПТ-ДПТ-БУ в дальнейшем Д-ГПТ-ДПТ-БУ) находят наибольшее применение в силу следующих причин: это наиболее простые и надежные системы энергоснабжения, так как требования стабилизации скорости вращения дизеля не такие жесткие, как в системе Д-Г переменного тока. Генераторы постоянного тока более приспособлены к условиям изменения параметров дизеля, как в целом (замена одного дизеля другим с иными параметрами), так и отдельном случае (уменьшение/увеличение угловой скорости дизеля под нагрузкой). Тихоходные Д-Г установки переменного тока мощностью около 1 МВт имеют вес не менее 25 тонн, которые очень тяжело транспортировать. Применение высокоскоростных Д-Г нецелесообразно. Они имеют вдвое меньший вес, но считаются менее надежными, поскольку требуют качественного изготовления как дизеля, так и самого генератора, что для мощностей около 1 МВт крайне тяжело достичь при современных технологиях машиностроения без специализированной их направленности.



Рисунок 1 – Научно-техническая концепция построения систем плавного регулирования технологических параметров процесса бурения дизель-электрических БУ заграничного производства

Анализ существующих научно-технических концепций построения БУ разными компаниями свидетельствует о следующем:

- 1) разнообразие моделей буровых установок на международном рынке буровой техники свидетельствует о тенденции развития собственного производства данного вида продукции разными компаниями мира;
- 2) существующие модели БУ с автономным энергопитанием можно разделить: по стоимостным показателям в следующей последовательности (увеличение):
 - с механическим приводом,
 - с электрическим приводом по системе Д-ГПТ-ДПТ,
 - с электрическим приводом по системе дизель – синхронный генератор – тиристорный преобразователь - двигатель постоянного тока (Д-СГ-ТП-ДПТ),
 - с электрическим приводом по системе дизель – синхронный генератор – преобразователь частоты – асинхронный или синхронный двигатель (Д-СГ-ПЧ-АД (СД)),
 - с механико-гидравлическим приводом;
 по надежности и рациональности решения основной технологической задачи (уменьшение)

- с электрическим приводом по системе Д-ГПТ-ДПТ,
- с электрическим приводом по системе Д-СГ-ТП-ДПТ,
- с электрическим приводом по системе Д-СГ-ПЧ-АД (СД),
- с механическим приводом,
- с механико-гидравлическим приводом.

Электропривод подъемного агрегата БУ определяет основные технико-экономические показатели грузо-подъемных механизмов, безопасность и надежность выполнения спуско-подъемных операций при сооружении нефтяных и газовых скважин. Надежная работа этого агрегата во многом обеспечивается соответствующими техническими параметрами элементов системы автоматизированного электропривода.

Наиболее оптимальным вариантом выхода из создавшегося критического положения в техническом оснащении нефтегазовой промышленности Украины буровым оборудованием, на наш взгляд, является её обеспечение оборудованием, которое разработано и изготовлено в Украине.

В данной статье излагается концепция построения силового привода подъемного агрегата БУ 6 класса с лебедкой типа ЛБ-650Е и установленной номинальной мощностью двигателей постоянного тока последовательного возбуждения 610 кВт.

Перспективный вариант силового привода подъемного агрегата, который может быть изготовлен в Украине, изображен на рисунке 2. Подъемный агрегат, предназначенный для выполнения спуско-подъемных операций при строительстве нефтяных и газовых скважин, имеет грузоподъемность 200 тонн и скорость, которая изменяется от 0,3 м/сек. до 1,5 м/сек., а также максимальную грузоподъемность с помощью автоматического регулятора нагрузки долота - 320 тонн. В процессе бурения скважин регулируется скорость подачи (подъема) крюка от 0 до 1,7 м/мин. (100 м/час).

СОСТАВ СИЛОВОГО ПРИВОДА

- Лебедка с пневмо-механической тормозной системой;
- Силовой привод постоянного тока (два двигателя последовательного возбуждения);
- Вспомогательный плавно регулируемый привод (автоматический регулятор подачи долота – АРПД-6);
- Привод ротора долота с двигателем постоянного тока независимого возбуждения;
- Энергетический агрегат (дизель-генератор).

Технические параметры подъемного агрегата ЛБ-650Е

Номинальная грузоподъемность 6x7, кН.....	2000
Максимальная грузоподъемность 6x7, кН.....	2500
Аварийная грузоподъемность АРПД 6x7, кН.....	3000
Номинальная мощность привода лебедки, кВт.....	610
Максимальная мощность привода лебедки, кВт.....	900
Номинальная мощность дизель-генератора, кВт.....	960
Скорость СПО 6x7, м/сек.....	0÷1,5
Вес лебедки, кг.....	не больше 22000

Кинематическая схема спуско-подъемного агрегата ЛБ-650Е показана на рис. 3.

Основной особенностью системы управления главным приводом есть то, что силовая часть системы построена по принципу Г-Д с двигателем последовательного возбуждения, который представляет собою два двигателя, включенные последовательно между собой и генератором. Для реверса двигателей используется бескоммутационная система стабилизации направления действия магнитного потока двигателей. Система управления имеет два контура обратных связей: скорости и тока. Контур контроля и стабилизации напряжения генератора входит в комплект дизель-генераторной (Д-Г) установки и позволяет получить необходимые законы управления напряжения генератора, что позволит с помощью этих двигателей реализовать все технологические операции данной БУ.

Второй особенностью системы управления главным приводом есть то, что силовая дизель-генераторная установка используется в режиме подъема и спуска (небольшие нагрузки) буровой колонны с управлением напряжения генератора во время регулирования скоростей подъема и спуска колонны. Спуск колонны осуществляется в режиме динамического торможения при замыкании якорной цепи на внешнее регулируемое сопротивление.

Основные технологические операции, которые должен выполнять главный привод подъемного агрегата:

- подъем буровой колонны с максимальным весом из скважины с заданной скоростью;
- точная остановка крюкоблока на заданной высоте;
- спуск буровой колонны в скважину с заданной скоростью и электрическим торможением;
- точная остановка крюкоблока над ротором;
- подъем и спуск ненагруженного крюкоблока с повышенной скоростью.

Технические параметры подъемной системы буровой установки приведены в табл. 1.

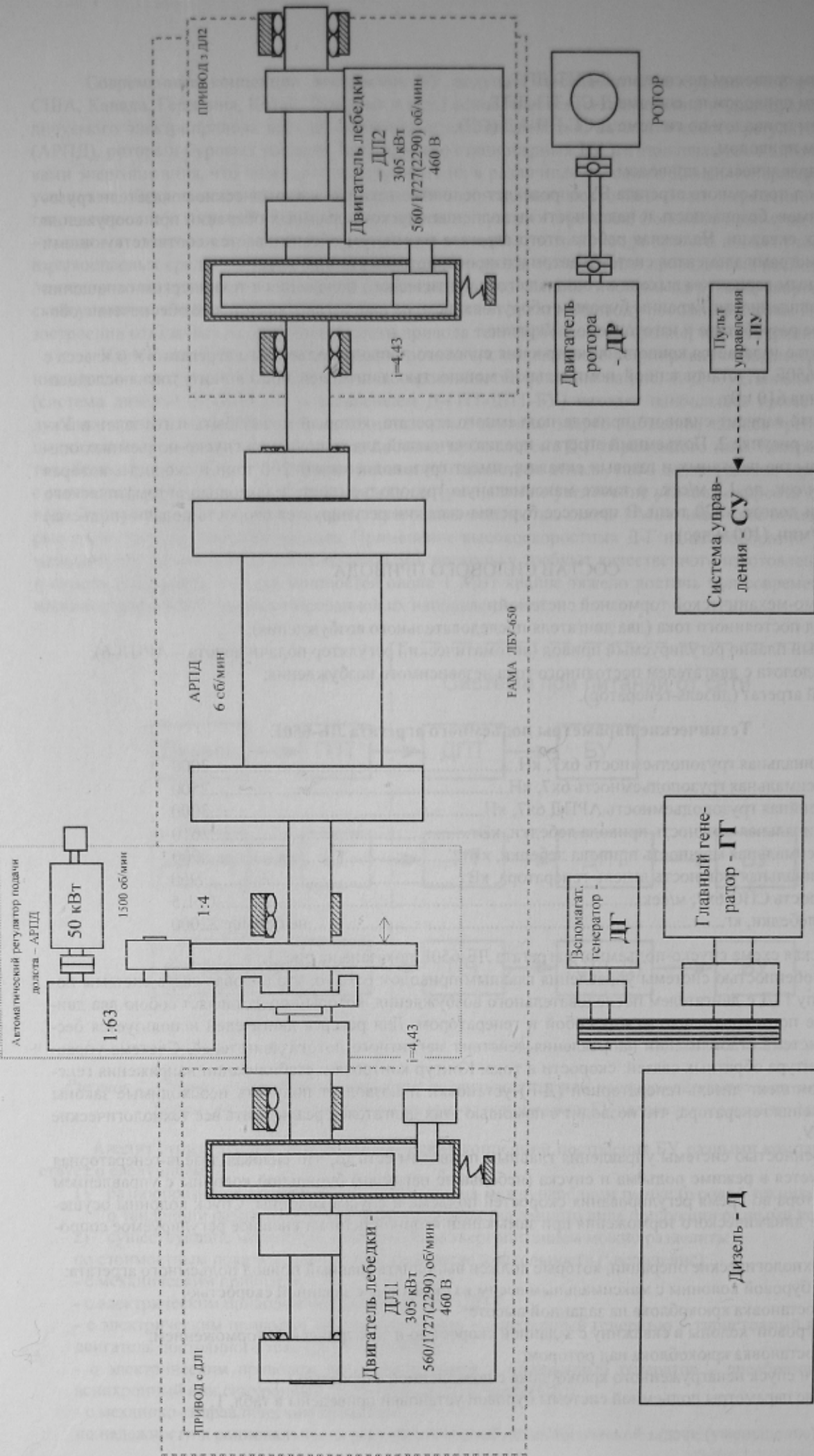
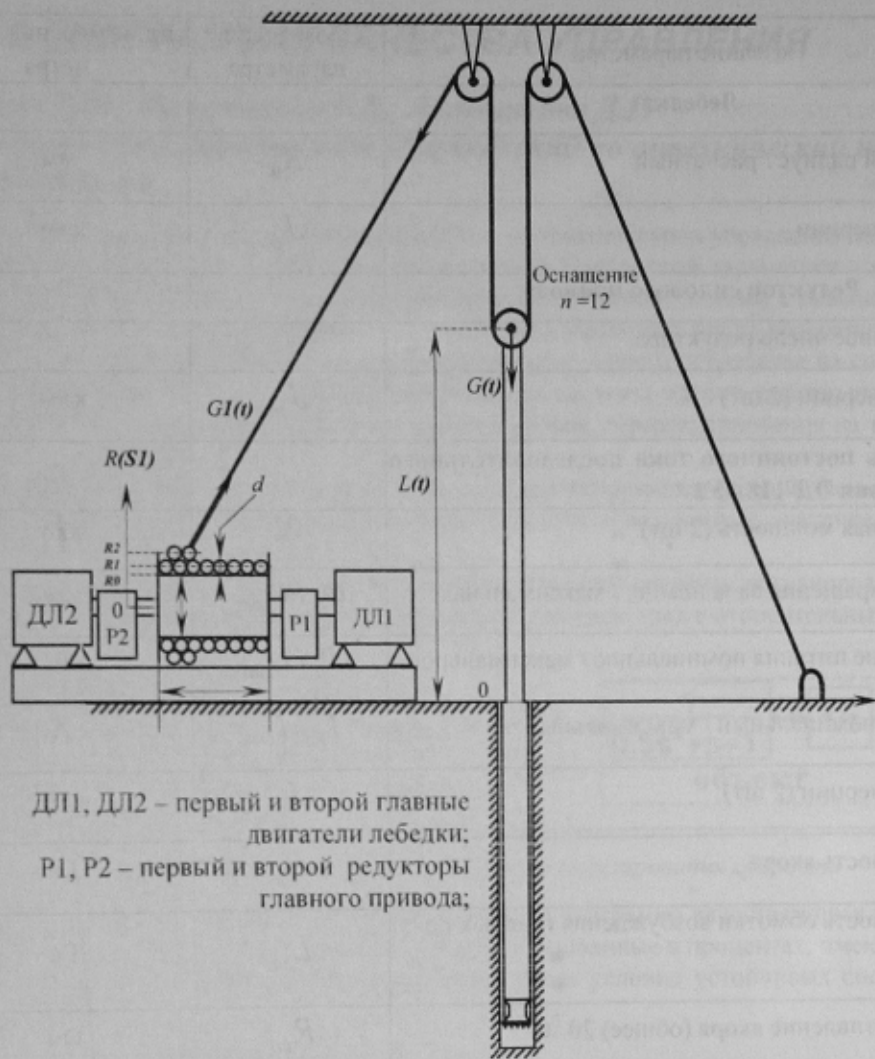


Рисунок 2 - Перспективный вариант силового привода подъемного агрегата (лебедки) типа ЛБ-650Е



ДЛ1, ДЛ2 – первый и второй главные двигатели лебедки;
Р1, Р2 – первый и второй редукторы главного привода;

Рисунок 3 – Кинематическая схема спуско-подъемного агрегата ЛБ-650Е

Выводы:

1. Наиболее рациональными являются стационарные БУ с автономным энергопитанием, энергоустановки которых построены по технической концепции Д-Г постоянного тока.
2. Стоимость стационарных БУ постоянного тока системы Д-ГПТ-ДПТ наименьшая, а её надежность и рациональность – наибольшая.
3. Разработана концепция построения главного привода подъемного агрегата буровой установки 6 класса с лебедкой ЛБ-650Е по системе Д-ГПТ-ДПТ. Элементы силового привода перспективного варианта установки серийно производят в Украине, что позволяет рассчитывать на самые короткие сроки изготовления и проведения испытаний опытно-промышленного образца подъемного агрегата буровой установки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стасенко В.М., Карпенко В.М., Кравець В.В. Аналіз стану і перспектив формування парку бурових установок та його впливу на видобування вуглеводнів в Україні. Нафтова і газова промисловість. №1. -2007 . с. 17-24.
2. Карпенко В.М. Підймальний агрегат бурової установки. Патент на корисну модель № 20610. 15.02.2007 р.

Таблица 1 – Технические параметры подъемной системы буровой установки 6 класса

№ пп	Название параметра	Обозначение параметра	Ед. измерения параметра	Значение параметра
1	Лебедка			
	Начальный радиус / расчетный	R_0	мм	325/400
	Момент инерции	J_0	кг·м ²	2000
2	Редуктор силового привода			
	Передаточное число редуктора	i	-	4,43
	Момент инерции (2 шт)	J_m	кг·м ²	100x2=200
3	Двигатель постоянного тока последовательного возбуждения ЭД-118АУ2			
	Номинальная мощность (2 шт)	P_n	кВт	305x2=610
	Скорость вращения вала номин. / максимальная	ω_n / ω_{max}	рад/с	58,5/229
	Напряжение питания номинальное / максимальное	U_n / U_{max}	В	463/700
	Ток якоря номинальный / максимальный	I_n / I_{max}	А	720/1100
	Момент инерции (2 шт)	J_0	кг·м ²	95x2=190
	Индуктивность якоря	$L_{я}$	Гн	0,00139
	Индуктивность обмотки возбуждения главных полюсов	L_{zn}	Гп	0,00194
	Акт. сопротивление якоря (общее) 20 °С	$R_{я0}$	Ом	0,0317
	Число витков на полюс	w		19
4	Главный генератор ГП-321У2			
	Номинальная мощность генератора	P_g	кВт	840
	Номинальная скорость вращения вала	$\omega_{z,n}$	рад/с	75
	Напряжение питания якоря номинальное / максимальное	U_n / U_{max}	В	636/870
	Ток номинальный / максимальный – 1 мин.	I_n / I_{max}	А	1240/1900
	Индуктивность якоря	$L_{яг}$	Гн	0,001192
	Индуктивность возбуждения главных полюсов	$L_{znг}$	Гн	0,1304
	Активное сопротивление якоря (общее) 20 °С	$R_{яг}$	Ом	0,00544
	Акт. сопротивление возбуждения (общее) 20 °С	$R_{вг}$	Ом	0,82
	Напряжение питания возбуждения	$U_{вг}$	В	85
	Ток питания обмотки возбуждения	$I_{вг}$	А	75