



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ
ОБЪЕДИНЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ
«БЕЛЭНЕРГО»

КОНЦЕПЦИЯ

**применения частотно-регулируемых
электроприводов и гидромфт до 4000 кВт
в Белорусской энергосистеме**

Минск

Ключевые слова: регулируемый электропривод, частотно-регулируемый электропривод, гидромурфта, преобразователь частоты, инвертор напряжения, инвертор тока, система управления преобразователем частоты, электромагнитная совместимость, сетевой насос, дутьевой вентилятор

Предисловие

1 РАЗРАБОТАНА РУП «Белнипиэнергопром»

2 УТВЕРЖДЕНА И ВВЕДЕНА В ДЕЙСТВИЕ приказом государственного производственного объединения электроэнергетики «Белэнерго» 05.02.2019 № 42

Область применения

Настоящая концепция устанавливает технико-экономические рекомендации по применению частотно-регулируемого электропривода (далее ЧРЭП) для механизмов собственных нужд на объектах Белорусской энергосистемы.

Нормативные ссылки

ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения

ГОСТ 24607-88 Преобразователи частоты полупроводниковые. Общие технические требования

ГОСТ Р 51137-98 Электроприводы регулируемые асинхронные для объектов электроэнергетики. Общие технические условия

Общие требования к внедрению регулируемого электропривода

Принятие решения о внедрении регулируемого электропривода (далее – РЭП) должно быть обосновано экономически и технологически.

Поскольку на начальном этапе отсутствуют данные о стоимости оборудования и объеме строительно-монтажных работ, то оперировать понятием «срок окупаемости» нецелесообразно.

Выбор механизма, на котором планируется установка РЭП, рекомендуется осуществлять по коэффициенту удельной экономии электроэнергии.

Установка РЭП должна осуществляться на механизме с более высоким коэффициентом удельной экономии электроэнергии.

В случае технологической необходимости допускается установка РЭП на механизме с незначительной экономией электроэнергии при наличии соответствующего технического обоснования.

Расчет коэффициента удельной экономии электроэнергии производится по формуле

$$K = \Delta N / N_{\text{уст.}}$$

где $\Delta N = \Delta N \cdot T$ – экономия электроэнергии за расчетный период, кВт·ч;

ΔN – среднестатистическая экономия электроэнергии на данном механизме в соответствии с таблицей 1, кВт;

T – количество часов работы механизма (данные ПТО);

$N_{\text{уст.}}$ – установленная мощность преобразователя частоты (далее – ПЧ), кВт.

Таблица 1 – Коэффициент удельной экономии электроэнергии для механизмов с наиболее распространенными мощностями

Наименование механизма, мощность электродвигателя	Коэффициент удельной экономии электроэнергии, тыс. кВт·ч/кВт
Дутьевые вентиляторы котлов, 680 кВт	1,62
Дымосос рециркуляции дымовых газов котлов, 315 кВт	1,58
Питательные насосы (РЭП на одном ПЭН / РЭП на двух ПЭН), 3150 кВт	1,16 0,84
Питательные насосы (РЭП на одном ПЭН / РЭП на двух ПЭН), 3150 кВт (на скользящих параметрах пара)	1,53 0,96
Сетевой насос I подъема, 1250 кВт	4,69
Сетевой насос II подъема, 1600 кВт	1,73
Насос декарбонизированной воды, 55 кВт	0,4
Насос сырой воды, 132 кВт	2,6
Насос обессоленной воды для котлов, 37 кВт	3,85
Насос дренажных баков, 17 кВт	3,05
Насос газоохладителей и эжекторов, 630 кВт	3,52

При определении поставщика ПЧ при прочих равных условиях следует использовать коэффициент применения и коэффициент надежности данного типа ПЧ в энергосистеме (на предприятии).

$$K_{\text{применения}} = N \Sigma / N \Sigma_i,$$

где $N \Sigma_i$ – установленная мощность ПЧ i-го производителя, кВт;

$N \Sigma$ – установленная мощность ПЧ в энергосистеме (на предприятии), кВт.

Для определения $K_{\text{применения}}$ рекомендуется использовать результаты обследования, представленные в таблицах 2–13.

Для формирования показателя надежности должна производиться комплексная оценка, учитывающая количество отказов и длительность ремонта. Данные параметры формируются на основании актуальных эксплуатационных журналов.

РУП-облэнерго при разработке перспективных планов по приобретению новой техники должны предусматривать равномерность внедрения ПЧ. Замену ПЧ, выработавших свой эксплуатационный ресурс, следует планировать с учетом фактического состояния оборудования.

РУП «Брестэнерго»

Таблица 2 – Коэффициент применения ПЧ мощностью до 200 кВт

Производитель (либо тип ПЧ)	Количество, шт.	Установленная мощность, кВт	Коэффициент применения по количеству	Коэффициент применения по установленной мощности
Omron	34	823	26	16,8
Измеритель	3	82	2,2	1,6
ABB	4	88	3	1,8
Schneider	16	974	12	19,9
Силект	10	330	7,6	6,7
БЭМН	10	597	7,6	12
Siemens	5	434	3,8	8,8
Delta	2	33	1,5	0,6
Danfoss	1	15	0,7	0,3
INVT	7	82	5,3	1,6
Триол	2	70	1,5	1,4
Vacon	23	867	17,5	17,6
Веспер	1	30	0,7	<1
TECO	9	320	6,8	6,5
Mitsubishi	2	150	1,5	3,0
Lenze	2	8	1,5	<1
ВСЕГО	131	4903	—	—

РУП «Брестэнерго»

Таблица 3 – Коэффициент применения ПЧ мощностью 200 кВт и выше

Производитель (либо тип ПЧ)	Количество, шт.	Установленная мощность, кВт	Коэффициент применения по количеству	Коэффициент применения по установленной мощности
Siemens	2	500	10	6,3
Danfoss	4	1775	20	22,3
БЭМН	1	315	5	3,97
Omron	2	945	10	11,9
INVT	4	1450	20	18,3
TECO	1	630	5	7,9
ABB	2	1260	10	15,9
LG	1	200	5	2,5
Vacon	3	750	15	9,46
ВСЕГО	20	7925	—	—

РУП «Витебскэнерго»

Таблица 4 – Коэффициент применения ПЧ мощностью до 200 кВт

Производитель (либо тип ПЧ)	Количество, шт.	Установленная мощность, кВт	Коэффициент применения по количеству	Коэффициент применения по установленной мощности
Danfoss	4	125	3,8	2,8
ABB	4	169	3,8	3,8
ПЧТЭ	1	160	1	3,6
CHF	2	165	1,9	3,8
БЭМН	3	297	2,9	6,8
Измеритель	2	60	1,9	1,3
Omron	12	931	11,6	21
Mitsubishi	9	67	8,7	1,5
Vacon	47	1497	45,6	34
Hyundai	3	7,5	2,9	0,2
Siemens	4	252	3,8	5,7
Varispeed	5	440	4,8	1
Grundfos	1	3,7	1,0	0,01
Wilo	1	2,2	1,0	0,01
Santerno	2	85	1,9	1,9
IGEL	3	111	2,9	2,5
ВСЕГО	103	4372,4	–	–

РУП «Витебскэнерго»

Таблица 5 – Коэффициент применения ПЧ мощностью 200 кВт и выше

Производитель (либо тип ПЧ)	Количество, шт.	Установленная мощность, кВт	Коэффициент применения по количеству	Коэффициент применения по установленной мощности
Yaskawa	1	315	3,5	2,5
General Electric	2	450	7,1	3,6
ВПЧА	2	1430	7,1	11,6
БЭМН	5	1575	17,8	12,8
Vacon	4	1615	14,2	13,1
Sinus	1	800	3,5	6,5
Mitsubishi	1	250	3,5	2
ПЧТЭ	1	800	3,5	6,5
Omron	5	1970	17,8	16
VAT	1	250	3,5	2
ПАВК	5	2800	17,8	22,8
ВСЕГО	28	7925	–	–

РУП «Гомельэнерго»

Таблица 6 – Коэффициент применения ПЧ мощностью до 200 кВт

Производитель (либо тип ПЧ)	Количество, шт.	Установленная мощность, кВт	Коэффициент применения по количеству	Коэффициент применения по установленной мощности
General Electric	3	250	2,3	5
Omron	9	605	6,8	12,1
Control	3	33	2,3	0,01
Веспер	11	55	8,4	1,1
БЭМН	3	260	2,3	5,2
Danfoss	9	81	6,8	1,6
ABB	10	515	7,6	10,4
Grundfos	6	8	4,6	0,1
Силект	5	258	3,8	5,2
ПЧТЭ	2	320	1,5	6,4
Измеритель	1	22	0,7	0,4
Vacon	51	1612	39	32
Toshiba	7	328	5,3	6,6
Technovar	2	44	1,5	0,8
Mitsubishi	3	340	2,3	6,8
CG Drives	6	222	4,5	4,5
ВСЕГО	131	4372,4	—	—

РУП «Гомельэнерго»

Таблица 7 – Коэффициент применения ПЧ мощностью 200 кВт и выше

Производитель (либо тип ПЧ)	Количество, шт.	Установленная мощность, кВт	Коэффициент применения по количеству	Коэффициент применения по установленной мощности
ПЧТЭ	10	7000	66	77
Уралэлектра	1	250	6,6	2,7
БЭМН	1	800	6,6	8,8
Mitsubishi	1	200	6,6	2,2
MXECO	1	200	6,6	2,2
Vacon	1	630	6,6	6,9
ВСЕГО	15	9080	—	—

РУП «Гродноэнерго»

Таблица 8 – Коэффициент применения ПЧ мощностью до 200 кВт

Производитель (либо тип ПЧ)	Количество, шт.	Установленная мощность, кВт	Коэффициент применения по количеству	Коэффициент применения по установленной мощности
Omron	20	2214	51	72,5
Триол	1	37	2,5	1,2
INVT	7	38,5	17,9	1,2
Grundfos	3	480	7,6	15,7
БЭМН	1	75	2,5	2,4
Измеритель	3	74	7,6	2,4
Веспер	1	110	2,5	3,6
Danfoss	1	1,5	2,5	0,1
Элпри	1	5	2,5	0,1
Schneider	1	18,5	2,5	0,6
ВСЕГО	39	—	—	—

РУП «Гродноэнерго»

Таблица 9 – Коэффициент применения ПЧ мощностью 200 кВт и выше

Производитель (либо тип ПЧ)	Количество, шт.	Установленная мощность, кВт	Коэффициент применения по количеству	Коэффициент применения по установленной мощности
ПЧТЭ	2	1260	18	25,7
TECO	1	400	9	8,1
L-Start	2	945	18	19,3
ABB	1	250	9	5,1
Omron	3	835	27	17
Энергокомплект	1	1000	9	20
Santerno	1	200	9	4,0
ВСЕГО	11	4890	—	—

Таблица 10 – Коэффициент применения ПЧ мощностью до 200 кВт

Производитель (либо тип ПЧ)	Количество, шт.	Установленная мощность, кВт	Коэффициент применения по количеству	Коэффициент применения по установленной мощности
Vacon	20	421	7,8	5,9
Danfoss	131	2821	51	39,7
ABB	18	374	7,0	5,2
Omron	15	666	5,8	9,3
Siemens	8	562	3,1	7,9
Delta	2	228	0,01	3,2
LG	7	17	2,7	0,01
АРДН-3	2	6	0,01	0,01
LSIS	2	264	0,01	3,7
Yaskava	2	50	0,01	0,01
Mitsubishi	2	0,4	0,01	0,01
Triol	5	262	1,9	3,6
Emerson	1	0,55	0,01	0,01
VEM	3	66	1,1	0,9
Santerno	5	211	1,9	2,9
INVT	3	301	1,1	4,2
Hyundai	1	52	0,01	0,01
HLC	4	74	1,5	1
БЭМН	3	200	1,1	2,8
Allen Bradley	1	11	0,01	0,01
ПЧТЭ	3	290	1,1	4
Веспер	5	165	1,9	2,3
Силект	1	30	0,01	0,01
Промтехника	8	21	3,1	0,01
KSB	1	3	0,01	0,01
Grundfos	3	9	1,1	0,01
BCEGO	256	7104	—	—

РУП «Минскэнерго»

Таблица 11 – Коэффициент применения ПЧ мощностью 200 кВт и выше

Производитель (либо тип ПЧ)	Количество, шт.	Установленная мощность, кВт	Коэффициент применения по количеству	Коэффициент применения по установленной мощности
HLC	12	5460	23	16,8
Веспер	8	2290	15,7	7
ABB	8	3740	15,7	11,5
ВНИИР	1	1600	1,9	4,9
Omron	2	840	3,9	2,6
Энергокомплект	1	1250	1,9	3,8
Allen Bradley	1	1250	1,9	3,8
ПЧТЭ	14	13 855	27,5	42,6
КТЭЧ	1	1000	1,9	3
Danfoss	4	1230	7,8	3,8
ВСЕГО	51	32 515	–	–

РУП «Могилевэнерго»

Таблица 12 – Коэффициент применения ПЧ мощностью до 200 кВт

Производитель (либо тип ПЧ)	Количество, шт.	Установленная мощность, кВт	Коэффициент применения по количеству	Коэффициент применения по установленной мощности
Vacon	1	75	1,1	1,8
Зенит	12	800	14	19,6
Omron	23	2117,6	27	82
Силект	2	6	2,3	0,01
Mitsubishi	4	200	4,7	4,9
Danfoss	12	340	14,2	8,3
Овен	4	6	4,7	0,01
LG	11	371	13	9
Delta	4	24	4,7	0,01
TECO	4	32	4,7	0,01
Schneider	4	27	4,7	0,01
Триол	1	37	1,1	0,01
БЭМН	1	37	1,1	0,01
Emotron	1	5,5	1,1	0,01
ВСЕГО	84	4078	–	–

Таблица 13 – Коэффициент применения ПЧ мощностью 200 кВт и выше

Производитель (либо тип ПЧ)	Количество, шт.	Установленная мощность, кВт	Коэффициент применения по количеству	Коэффициент применения по установленной мощности
Allen Bradley	7	10 230	16	31
L-Start	3	4800	6,9	14,5
ABB	20	12 290	46,5	37
Электротекс	1	630	2,3	1,9
БЭМН	1	830	2,3	2,5
Omron	3	1245	6,9	3,8
Danfoss	3	1350	6,9	4,1
Vacon	1	630	2,3	1,9
LG	1	220	2,3	0,01
Mitsubishi	3	660	6,9	2
ВСЕГО	43	32 885	–	–

Обязательные технико-экономические требования

Содержание разделов проектно-сметной документации «Энергетическая эффективность» и «Эффективность инвестиций» должно формироваться следующим образом:

- для гидромуфты должна быть рассчитана мощность потерь на скольжение и требуемая мощность охладителя для гидропривода. Расчеты должны быть выполнены для режимов, наиболее неблагоприятных с точки зрения потерь;
- для механизмов мощностью менее 200 кВт расчет экономии электроэнергии при применении РЭП допускается производить на основе паспортных данных оборудования;
- для механизмов мощностью 200 кВт либо выше расчет должен осуществляться на основе реальных параметров оборудования, а именно напорной характеристики и КПД механизма (насоса, дутьевого вентилятора, дутьевого механизма). Характеристики механизмов должны определяться в результате обследования объекта, при необходимости следует провести тестовые испытания с целью получения реальных характеристик оборудования. Для механизмов тягодутьевой группы производительностью 300 тыс. м³/ч и более необходимо производить оценку состояния газовоздушного тракта котлоагрегата;
- расчет экономии электроэнергии должен быть выполнен для минимального, номинального и максимального эксплуатационного режима механизма;
- расчет экономии электроэнергии должен учитывать изменение КПД насоса (вентилятора) в зависимости от производительности и частоты вращения, а также дополнительные затраты электроэнергии на поддержание теплового

режима в помещении ЧРЭП (система вентиляции, кондиционирования, система обогрева) или шкафов ЧРЭП;

- для группы сетевых насосов, в состав которых входят как агрегаты, оснащенные РЭП, так и агрегаты, производительность которых регулируется арматурой, расчет экономии электроэнергии должен учитывать изменение суммарной мощности всех сетевых насосов;

- количество сетевых насосов, оснащенных РЭП, должно определяться расчетом экономии электроэнергии при различном соотношении регулируемых и нерегулируемых насосов.

Обязательные требования к техническим параметрам преобразователя частоты

Если мощность трансформатора собственных нужд секции и мощность ПЧ или группы ПЧ, которые в соответствии с режимом включены одновременно, находятся в соотношении $S_{\text{тр-ра с.н.}} / \Sigma P_{\text{ПЧ}} < 10$, то необходимо на стадии проектирования производить расчет коэффициента искажений питающего напряжения в соответствии с ГОСТ 32144-2013. Расчет следует производить на основании данных, предоставляемых заказчиком, с применением современных прикладных математических программ.

Проектом должен предусматриваться перечень требуемых дросселей, фильтров для обеспечения электромагнитной совместимости оборудования ЧРЭП.

Расчет коэффициента нелинейных искажений должен учитывать топологию силовой схемы ПЧ. Для ПЧ, выполненных по схеме «неуправляемый выпрямитель», «инвертор напряжения», должны быть определены параметры сетевого дросселя и дросселя в звене постоянного напряжения.

Для ПЧ, применяемых в составе РЭП тягодутьевых механизмов, наличие тормозных резисторов определяется на стадии проекта. Расчет параметров тормозных резисторов производится на основании данных заказчика о требуемых скоростях изменения нагрузки котла и механизмов.

В проекте должны быть определены следующие условия, влияющие на режим самозапуска:

- допустимое время перерыва питания секции собственных нужд;
- момент инерции механизма;
- максимальное время включения в регулируемый режим после восстановления напряжения.

ЧРЭП, устанавливаемые на ответственные механизмы, должны иметь функцию подхвата вращающегося механизма при кратковременном перерыве питания. Для подтверждения данной функции при вводе ЧРЭП в эксплуатацию пусконаладочная организация должна производить опыт АПВ с «подхватом на лету» с осциллографированием следующих параметров:

- напряжение питающей сети;
- напряжение электродвигателя;
- ток электродвигателя.

Должны быть определены технические требования к ПЧ в зависимости от топологии силовой схемы. Ответственные механизмы собственных нужд должны иметь функцию поддержания номинального выходного тока (функция ограничения выходного тока) при технологических перегрузках и в режиме самозапуска во избежание отключения ЧРЭП при превышении величины выходного тока. Необходимость наличия данной функции определяется проектом.

Поставщик оборудования РЭП должен предоставлять следующую эксплуатационную документацию:

- техническое описание;
- развернутую электрическую схему силовых цепей;
- структурную схему системы управления;
- параметры согласующих трансформаторов, сетевых дросселей, фильтров, сглаживающих дросселей, емкость звена постоянного напряжения.

Для работы с ПЧ необходимо применять специально предназначенный для этого электродвигатель. При его отсутствии применение промышленного электродвигателя мощностью более 630 кВт должно быть согласовано с заводом – изготовителем двигателя.

При установке ЧРЭП на электродвигатели ответственных механизмов собственных нужд, подверженных технологическим перегрузкам, необходимо выбирать ЧРЭП мощностью не менее мощности электродвигателя. В случае экономической целесообразности установки ЧРЭП с меньшей номинальной мощностью, чем у приводимого электродвигателя, решение об этом должно быть определено и обосновано проектом.

Для исключения влияния ПЧ на слаботочное оборудования КИПиА и РЗА должны применяться специальные фильтры высокочастотных помех и экранированные кабели в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя.

Необходимо обеспечить обучение инженерно-технического персонала энергопредприятий наладке и эксплуатации конкретных моделей ЧРЭП у поставителя производителя либо непосредственно у производителя.

Применение ПЧ с параллельным включением нескольких инверторов должно носить ограниченный характер и допускаться в обоснованных случаях.

При заключении договоров поставки оборудования ЧРЭП в них обязательными пунктами следует включать:

- обучение персонала наладке и эксплуатации приобретаемого оборудования;
- поставку сервисного программного обеспечения и соответствующих интерфейсных кабелей (адаптеров) для настройки, диагностики ЧРЭП и контроля его параметров в режиме реального времени.

На стадии оценки предложений о поставке при прочих равных условиях следует отдавать предпочтение ПЧ со встроенным аварийным осциллографом. ЧРЭП класса 0,4 кВ должны иметь функцию журнала аварий, ЧРЭП класса 6 кВ – встроенный аварийный осциллограф с фиксацией входных и выходных параметров ПЧ. При отсутствии встроенного аварийного осциллографа должен быть предусмотрен переносной, с комплектом датчиков, обеспечиваю-

щих осциллографирование входных и выходных параметров. Частота дискретизации должна быть не менее 1000 Гц на канал, время непрерывной записи – до 6 ч.

Обязательные требования к помещениям, предназначенным для размещения преобразователей частоты

Для помещений, в которых предусмотрена установка ПЧ, должен выполняться расчет теплового баланса с учетом тепловыделений размещенного оборудования и параметров системы вентиляции.

Для модульных зданий расчет должен выполняться изготовителем оборудования (поставщиком) и согласовываться с проектной организацией. Для иных зданий расчет выполняет проектная организация.

Модульные здания (наружная установка) по взрывопожарной и пожарной опасности должны иметь категорию не ниже Д.

Для ПЧ напряжением 6–10 кВ тепловой режим в помещении должен обеспечиваться системой кондиционирования воздуха.

Для ПЧ мощностью более 100 кВт должна быть предусмотрена технологическая линия сжатого воздуха.

Обязательные требования к системе управления

Для передачи информации между элементами ЧРЭП и автоматизированной системы управления на новых и реконструируемых объектах должны использоваться цифровые каналы связи (RS485, Ethernet).

Для повышения надежности и эффективности применения ЧРЭП, как правило, необходимо применять внешний технологический регулятор для управления частотой вращения ПЧ. При наличии нескольких механизмов, параллельно работающих в данном технологическом цикле, регулирование должно вестись с определением оптимального режима работы технологической установки. Применение внешнего технологического регулятора позволяет разделить зоны ответственности персонала электротехнического и КИПиА.

Система регулирования должна предусматривать адаптацию к существующей на объекте SCADA-системе.

Система управления должна обеспечивать безаварийное, оптимальное функционирование оборудования как в нормальном эксплуатационном, так и в нештатном, аварийном режимах.

Для оперативной диагностики ПЧ по согласованию с заказчиком и с учетом требований по обеспечению информационной и национальной безопасности допускается организовывать удаленный доступ.

Требования к наладочному регламенту и ремонту

Наладочный регламент ПЧ должен соответствовать обязательным требованиям завода-изготовителя.

В протоколе наладки должны быть представлены осциллограммы входных и выходных параметров ПЧ.

Для ПЧ мощностью 630 кВт и более либо группы преобразователей аналогичной суммарной мощностью наладочной организацией должны выполняться измерения коэффициента нелинейных искажений питающего напряжения.

Для сетевых насосов и механизмов тягодутьевой группы должны представляться осциллограммы опытов АПВ с осциллографированием токов и напряжений ПЧ и технологических параметров.

Ремонт ПЧ мощностью до 630 кВт, исчерпавшего эксплуатационный ресурс, рекомендуется выполнять путем замены на аналогичный современного исполнения.

ПЧ мощностью 630 кВт и выше рекомендуется выполнять путем замены систем управления при условии удовлетворительного состояния силовой части (силовых трансформаторов, дросселей, фильтров выпрямителя и инвертора).

Требования к повышению технологического уровня эксплуатации

Для групп сетевых насосов должно быть выполнено технико-экономическое обоснование схемы модернизации транспорта сетевой воды.

При технологической и экономической целесообразности в состав проекта должен быть включен раздел «Реконструкция трубопроводов сетевой воды».

Для групп насосов, включенных на параллельную работу, должна быть предусмотрена система оптимального распределения нагрузок и оценки эффективности работы РЭП.

**Приложение – Результаты обследования наличия
и состояния сервисных центров по ремонту и обслуживанию преобразователей частоты**

Наименование организации	Подтверждение оказания услуг по ремонту ПЧ	ПЧ каких производителей ремонтируют	Мощность ПЧ, кВт	Наличие обученного персонала	Наличие производственной базы, материалов, запчастей
ООО «Сибоком-М» г. Минск, ул. Лукьяновича, 10 +375 (17) 328-47-36, +375 (17) 328-47-29 sibocom.com/general-industry/	Сервисный центр Sibocom	ABB серий ACS580, ACS880, ACS400, ACS600, ACS550, ACS800	0,55–3200 кВт	Квалифицированные и сертифицированные специалисты по обслуживанию	
ЗАО «Вольна» Минская обл., д. Валерьяново, ул. Логойская, 19 +375 (17) 510-95-00 volna.by	Специализированное электроремонтное предприятие	Delta	До 75 кВт	Специалисты, обладающие опытом работы с ПЧ	Аккредитованная испытательная лаборатория
ООО «Электросервисная компания» г. Минск, ул. Л. Беды, 8, пом. 8Н +375 (17) 399-09-00	Сервисный центр EscomService. Специализированное сервисное предприятие по оказанию услуг по ремонту и техническому обслуживанию и модернизации промышленного оборудования. Гарантийный и послегарантийный ремонт ПЧ	Omron, Danfoss, Vacon	До 250 кВт в центре, более 250 кВт – на объекте заказчика		Сервисные центры оснащены всем необходимым оборудованием

Продолжение таблицы

Наименование организации	Подтверждение оказания услуг по ремонту ПЧ	ПЧ каких производителей ремонтируют	Мощность ПЧ, кВт	Наличие обученного персонала	Наличие производственной базы, материалов, запчастей
ООО «Техникон» г. Минск, пр-т Независимости, 177 technikon.by/specialization/technicheskij-centr/servis	Сертифицированный сервис-центр Mitsubishi Electric. Гарантийное и послегарантийное обслуживание поставляемого оборудования	Mitsubishi Electric серий FR-F800, FR-A800	0,1–630 кВт	Квалификация сотрудников компании подтверждена сертификатами основных партнеров – Mitsubishi Electric и Weidmüller	Отдел сервиса и ремонта. Склад запасных частей по основным позициям оборудования Mitsubishi Electric
ООО «Ньюс Технолоджи» г. Минск, ул. Володько, 24а +375 (17) 228-18-68	Гарантийное, послегарантийное обслуживание и ремонт	KEB Gmbh, Веспер-автоматика	0,75–315 кВт 3х380 В	Сертифицированный инженер	Ремонт по месту дислокации
Компания «Вектор Технологий» г. Минск, ул. Шафарнянская, 18 +375 (17) 265-60-15, +375 (17) 265-60-16	Сертифицированный сервисный центр YASKAWA. Обслуживание и ремонт поставляемой техники	YASKAWA	0,2–100 кВт	Высококвалифицированные инженеры, прошедшие обучение на базе Yaskawa Academy в Эшборне (Германия)	Сервисный участок, оснащенный новейшим оборудованием
ЗАО «Энергопро» г. Минск, пр-т Независимости, 169-407, бизнес-центр «XXI Век» (отдел приводной техники) +375 (17) 218-11-77, +375 (17) 218-12-76	Авторизованный дистрибьютор и сервисный партнер Danfoss	Danfoss Drives	До 1,5 МВт	Персонал обучен на Danfoss	Обслуживание заказчиков по всей территории Республики Беларусь

Продолжение таблицы

Наименование организации	Подтверждение оказания услуг по ремонту ПЧ	ПЧ каких производителей ремонтируют	Мощность ПЧ, кВт	Наличие обученного персонала	Наличие производственной базы, материалов, запчастей
ООО «Сител» Минск, Логойский тракт, 22а, комн. 223 +375 (17) 268-05-44	Сервисное обслуживание ПЧ «Уралэлектра»	SB-19, SB-57 Уралэлектра, ABB	0,4–8000 кВт	2 обученных специалиста	Стенд для проверки, запчасти – по необходимости
ООО «Созвездие Льва» г. Минск, ул. Тимирязева, 65А, пом. 231 +375 (17) 211-06-12	Капитальный, средний, текущий ремонт систем контроля защиты и управления электротехнического оборудования	ОАО «ВНИ-ИР»: инвертор напряжения по многоуровневой схеме, серии ABS-DRIVE-A, S	280–8000 кВт		
УП «БЕЛЮРГСИНТЕЗ» г. Минск, ул. Пионерская, 47 +375 (17) 369 54 73 Факс +375 (17) 369-55-37	Авторизованный дистрибьютор компании Rockwell Automation. Сервисная поддержка, гарантийное и послегарантийное обслуживание	Power Flex Rockwell Automation	200–5600 кВт		Сервисное и послегарантийное обслуживание поставляемого оборудования на базе предприятия
ООО «ЭнергоСтройАльянс» г. Минск, ул. Шارانговича, 19, комн. 757 +375 (17) 259-01-68	Дистрибьютор компании JB Plus	ЭОС, JB Plus	До 3200 кВт		Сервисное и послегарантийное обслуживание поставляемого оборудования

Окончание таблицы

Наименование организации	Подтверждение оказания услуг по ремонту ПЧ	ПЧ каких производителей ремонтируют	Мощность ПЧ, кВт	Наличие обученного персонала	Наличие производственной базы, материалов, запчастей
ЧПТУП «ЭкоЭн» г. Минск, ул. Бегомльская, 5, кв. 417 +375 (29) 685-44-83, 289-89-95 ekoen.by	Ремонт всех типов неисправностей ПЧ		До 250 кВт, более 250 кВт – на объекте заказчика	Специалисты работают на современном оборудовании	
ЧПУП «СпецСервисЦентр» г. Минск, ул. Кирюникова, 61 +375 (29) 666-14-43 +375 (29) 683-45-42	Для ремонтных работ база оснащена самым современным диагностическим оборудованием	Широкий спектр оборудования зарубежных производителей	0,22–75 кВт	Опытные инженеры-электромеханики	Ремонт в Минске или другом городе. Склад и прямые поставки запчастей
Электротехническая инженерная мастерская ИП Лопаник П.В. г. Минск, ул. Фогеля, 15, оф. 310 +375 (29) 117-13-13 +375 (29) 502-40-24 etim.by	Профессиональный гарантийный, послегарантийный ремонт и обслуживание промышленного электрооборудования и электроники	Широкий спектр оборудования	0,22–75 кВт	Инженер-изобретатель и специалист высшей научной квалификации	На месте и с выездом по Республике Беларусь

Содержание

Область применения	3
Нормативные ссылки.....	3
Общие требования к внедрению регулируемого электропривода	3
Обязательные технико-экономические требования.....	11
Обязательные требования к техническим параметрам преобразователя частоты.....	12
Обязательные требования к помещениям, предназначенным для размещения преобразователей частоты	14
Обязательные требования к системе управления	14
Требования к наладочному регламенту и ремонту.....	15
Требования к повышению технологического уровня эксплуатации.....	15
Приложение – Результаты обследования наличия и состояния сервисных центров по ремонту и обслуживанию преобразователей частоты.....	16