

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ ТРАНСФОРМАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

*Ю.М. Савинцев, канд. техн. наук,
генеральный директор ЗАО «Корпорация «Русский трансформатор»*

Концепция долгосрочного социально-экономического развития России до 2020 года предусматривает снижение энергоемкости ВВП на 40 % и обеспечение объема экономии энергии не менее миллиарда тонн условного топлива. Для решения таких масштабных задач необходимо активное участие Российской Федерации в международной работе по разработке единых стандартов, позволяющих ликвидировать разрыв в уровне энергоемкости производств основных товаров по сравнению со странами, добившимися наибольшего успеха. По данным Всемирного банка, в единице продукции, производимой в РФ, 40 % затрат приходится на энергию, в то время как в США эти затраты составляют 18 %, а в Китае — 19 %. Несмотря на применение современных технологий производства электроэнергии, немаловажным остается вопрос снижения потерь уже выработанной электроэнергии при ее передаче. Средний уровень потерь при этом составляет около 12 %. В европейских странах эта величина примерно равна 7,4 %, в России — 11,7 %. Необходимо разрабатывать как новые энергоэффективные технологии, так и новые общегосударственные и отраслевые стандарты, которые обеспечат снижение энергозатрат во всех отраслях промышленности и частном секторе.

Специальная рабочая группа Комитета по управлению стандартизацией Международной электротехнической комиссии (МЭК) определила приоритеты обеспечения энергоэффективности в различных сферах общественного производства и потребления (Пугачев С.В. *Роль стандартизации в повышении энергоэффективности// Компетентность. 2009. № 8 (69). С. 8-23*). К одной из наиболее важных сфер относится энергоэффективность функционирования энергетических установок в промышленности, в частности – установок электроцентробежных насосов (УЭЦН) нефтяных скважин, т.к. в российской нефтедобывающей отрасли наблюдается устойчивая тенденция возрастания удельного веса добычи нефти механизированными способами эксплуатации. При этом приоритетной технологией является использование установок электроцентробежных насосов (УЭЦН). На сегодняшний день с их помощью извлекается более половины от всей добываемой нефти. УЭЦН оснащено большинство российского фонда нефтяных скважин - 54.8% (по данным на март 2010 года; Маркетинговая группа "Текарт"). Структурная схема УЭЦН представлена на рис. 1 (*Эксплуатация скважин установками электропогружных центробежных насосов// Добыча нефти и газа. URL: <http://neftandgaz.ru/?p=210>*).



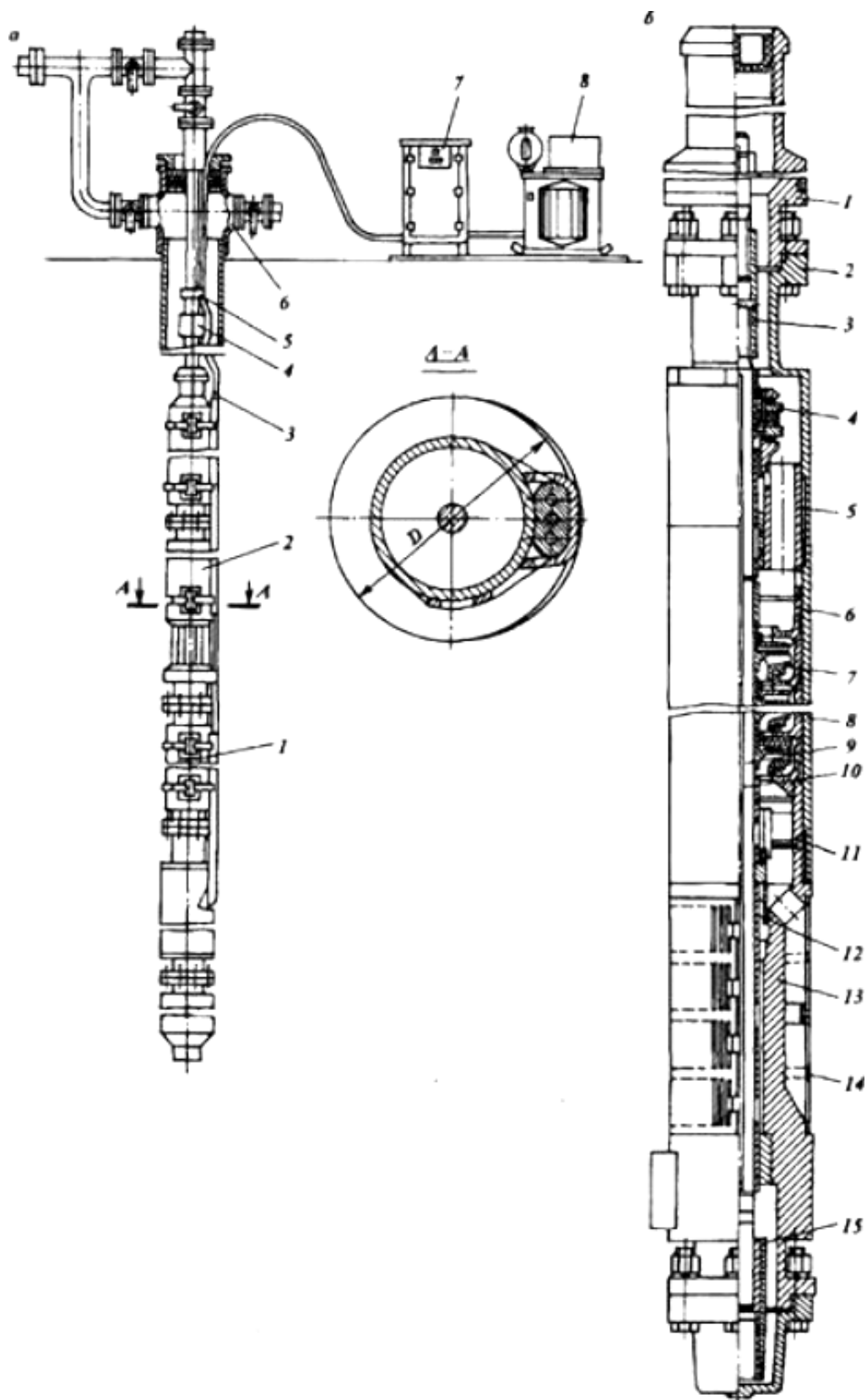


Рис. 1. Установка электропогружного центробежного насоса:

а – УЭЦН:

1 – гидрозащита, 2 – насос, 3 – кабельная линия, 4 – НКТ, 5 – металлический пояс, 6 – оборудование устья скважины, 7 – станция управления, 8 – трансформатор;

б – центробежный многоступенчатый электронасос:

2

1 – верхняя секция с ловильной головкой, 2 – нижняя секция, 3- шлицевая муфта, 4 – опорная пята, 5 – корпус подшипника, 6 - направляющий аппарат, 7 – рабочее колесо, 8 – корпус, 9 – вал, 10 – шпонка, 11 – подшипник скольжения, 12 -защитная втулка, 13 – основание, 14 - фильтр, 15 – приводная муфта.

Как видно из рис. 1, одним из элементов УЭЦН является силовой повышающий трансформатор, который в силу специфичности условий работы имеет у производителей трансформаторного оборудования специальное наименование – ТМПН (Г).

Задачи обеспечения энергосбережения и жесткого контроля расходования электроэнергии при нефтедобыче поставили на повестку дня вопросы систематизации порядка расчетов энергопотребления УЭЦН в повседневной практике закупки этого вида оборудования нефтедобывающими компаниями.

Энергетические показатели УЭЦН и их расчет с использованием общеизвестных зависимостей подробно рассмотрены в опубликованной в 2010 году статье специалистов компании «РИТЭК – ИТЦ» (Гинзбург М. Я., Павленко В. И., Климов В. П. *Об энергетических показателях УЭЦН// Инженерная практика. 2010. № 8. С. 12 - 16*). Авторами сделан фундаментальный (в плане корректировки всей нормативно-технической документации всех компонентов УЭЦН) вывод: «в соответствии с ГОСТ 51541-99 «Энергетическая эффективность. Состав показателей» в нормативные документы установок должны быть внесены основные показатели энергосбережения и энергетической эффективности их применения».

Так как активная мощность, потребляемая УЭЦН, рассчитывается по формуле (1), в которую входит фактический КПД трансформатора, предлагается включать в паспорт трансформатора значения его КПД в зависимости от загрузки (0,25; 0,5; 0,75; 1,0) и коэффициентов мощности погружного электродвигателя (0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0).

$$P_y = (P_d + \Delta P_k) / (\eta_{tr} \cdot \eta_{cy} \cdot \eta_{fv} \cdot \eta_{fs}), \quad (1)$$

где P_d – активная мощность, потребляемая электродвигателем, кВт;

ΔP_k – потери активной мощности в кабельной линии, кВт;

η_{tr} – фактический КПД трансформатора;

η_{cy} – фактический КПД станции управления;

η_{fv} – фактический КПД выходного фильтра;

η_{fs} – фактический КПД сетевого фильтра.

Автор настоящей статьи уже рассматривал проблему энергоэффективности силовых распределительных трансформаторов (Савинцев Ю.М., Боков В.А., Карамутдинов Р.Н. *Энергоэффективные распределительные трансформаторы: проблемы и надежды// Электротехнический рынок. 2010г. №3 (33)*). За прошедший год проблема энергоэффективности силовых трансформаторов стала только актуальнее. После кризиса трансформаторные заводы вынуждены повышать цены на свою продукцию. Этим беззастенчиво пользуются продавцы так называемой продукции «с хранения». Эти безответственные горе-предприниматели получают свою прибыль на желании покупателя сэкономить сотню-другую тысяч рублей. При этом обе стороны совершенно не задумываются о том, что такое оборудование имеет на 20-30% более высокие потери мощности! Ведь выдаваемое за «находившееся на консервации» оборудование на самом



деле было подвергнуто ремонту! А любой ремонт трансформатора существенно ухудшает его КПД!

В нефтедобывающей отрасли, как правило, закупается только новое оборудование. Но при этом многие десятки тысяч трансформаторов, находящихся в эксплуатации **подвергаются модернизации для увеличения количества ступеней регулирования напряжения по высокой стороне. А это также существенно ухудшает характеристики энергоэффективности трансформатора!**

Таким образом, в нефтедобывающей отрасли задача повышения энергоэффективности оборудования состоит из двух подзадач: 1) обеспечение **замены, а не так называемой модернизации** устаревшего трансформаторного оборудования; 2) формирование технических требований на вновь закупаемое оборудование, в которых будут указаны более прогрессивные электротехнические [параметры трансформаторов](#). Очевидно, что в нормативно-технической документации на вновь производимое и закупаемое трансформаторное оборудование для нефтедобывающей отрасли **должны быть введены дополнительные показатели, которые позволяют четко определить энергоэффективные характеристики трансформаторов.**

О европейском опыте применения энергоэффективных трансформаторов и связанных с этим организационных вопросах подробно изложено в переводном материале из издания Европейского института меди (*Энергосбережение в Европе: применение энергоэффективных распределительных трансформаторов// Энергосбережение*. 2003г. № 4. 2004г. № 1).

В таблице 1 приведены значения допустимых потерь нагрузки (короткого замыкания) и холостого хода по нормам европейских документов гармонизации HD428.1 и HD538.1. Для масляных трансформаторов допускается три уровня потерь: А, В, и С. При несоответствии во время испытаний завод-производитель либо отбраковывает трансформатор, либо согласовывает с покупателем величину денежной компенсации. Если фактические величины потерь у трансформаторов существенно лучше требований, производитель может получить от покупателя дополнительное вознаграждение. Аналогично и с потерями холостого хода. Здесь для масляных трансформаторов допускается также три уровня предельных потерь: А', В' и С'.

Таким образом, норматив HD428 дает возможность выбора трех уровней потерь нагрузки и трех холостого хода от наименее эффективной комбинации А-А' до наиболее эффективной С-С'. И хотя теоретически существует девять возможных комбинаций, норматив HD428 допускает лишь пять возможных комбинаций (рис. 2). На рис. 2 комбинация А-А' принята за базис сравнения (выделена жирной линией, приведенные значения (%) вычислены от этого базиса). У значений суммарных потерь (нагрузки и холостого хода) между крайними значениями, а именно комбинациями А-А' и С-С' разница достигает около 1,5 кВт.

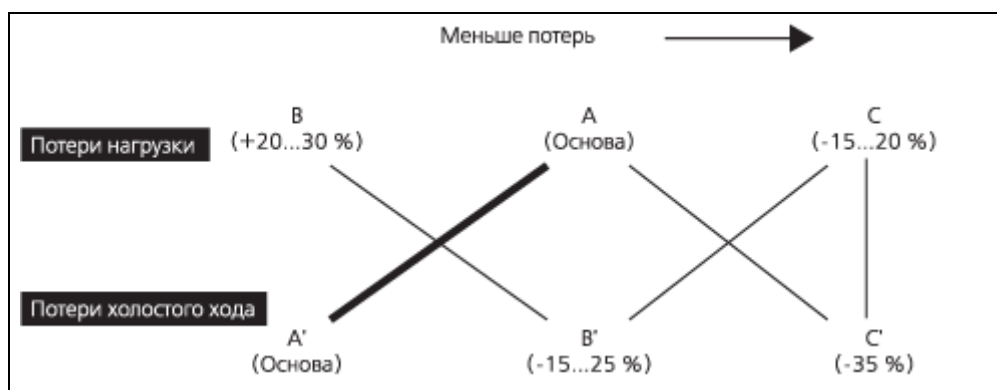


Рис. 2. Допустимые комбинации потерь к.з. и х.х.



На рис. 3 слева приведена зависимость суммарных потерь трансформатора номинальной мощностью 400 кВ•А от величины нагрузки для различных комбинаций уровней энергоэффективности. На рис. 3 справа представлены относительные потери трансформатора в зависимости от нагрузки, которые равны 100 % минус эффективность. Этот график наглядно иллюстрирует, что минимальные величины потерь приходятся на нагрузки, равные примерно 50 % номинальной мощности. При этом если трансформаторы уровней А-А' и В-В' имеют различные оптимальные, с точки зрения снижения потерь, диапазоны нагрузки, то трансформаторы уровня С-С' имеют величину потерь в любом случае на 20–30 % меньшую, чем А-А' и В-В'.

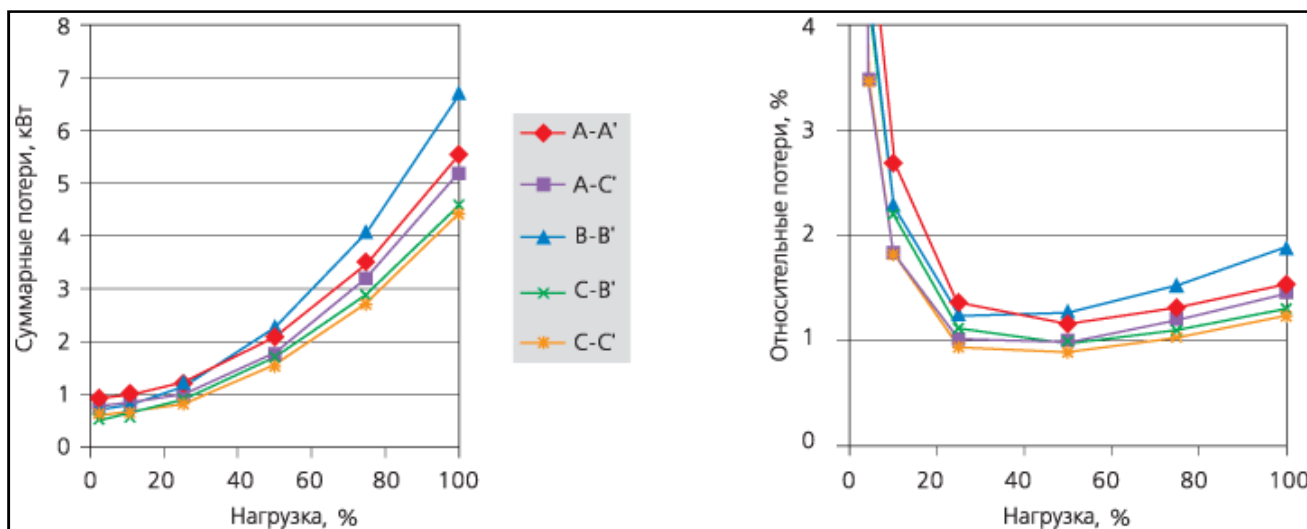


Рис. 3. Потери трансформатора мощностью 400 кВА в зависимости от величины нагрузки

Таблица 1. Нормы потерь силовых распределительных трансформаторов по европейским документам гармонизации HD428.1 и HD538.1

Номинальная мощность	Потери нагрузки (короткого замыкания)				Потери холостого хода			
	С масляным охлаждением (HD428) до 24 кВ			Сухого типа (HD538)	С масляным охлаждением (HD428) до 24 кВ			Сухого типа (HD538)
	Список А	Список В	Список С	12 кВ основной ²	Список А'	Список В'	Список С'	12 кВ основной ²
кВ•А	Вт	Вт	Вт	Вт	Вт	Вт	Вт	Вт
100	1 750	2 150	1 475	2 000	320	260	210	440
160	2 350	3 100	2 000	2 700	460	375	300	610
250	3 250	4 200	2 750	3 500	650	530	425	820
400	4 600	6 000	3 850	4 900	930	750	610	1 150

В таблице 2 представлены соответствующие потери трансформаторов для питания УЭЦН, производимых сегодня российскими трансформаторными заводами и заводами в СНГ.

Таблица 2. Потери в трансформаторах для питания УЭЦН основных заводов-производителей России и СНГ



Номинальная мощность	Потери нагрузки (короткого замыкания)				Потери холостого хода			
	С масляным охлаждением, российские заводы			СНГ	С масляным охлаждением, российские заводы			СНГ
	Самара- Электроцит	Алттранс	БирЗСТ	МЭТЗ им. Козлова	Самара- Электроцит	Алттранс	БирЗСТ	МЭТЗ им. Козлова
кВ•А	Вт	Вт	Вт	Вт	Вт	Вт	Вт	Вт
100	2400	2000	1950	1970	310	270	290	290
160	2900	2800	2650	2650	480	420	420	440
250	4100	3900	3900	3700	700	530	580	650
400	6100	5900	5900	5800	900	800	900	900

Сравнивая данные таблиц 1 и 2, легко видеть, что характеристики лучших по энергоэффективности российских трансформаторов на 30% «не дотягивают» нормам европейских стандартов. Это означает, что российская нефтедобывающая отрасль **переплачивает за низкую энергоэффективность используемого трансформаторного оборудования значительные средства, которые могли бы пойти на ее инновационное развитие.**

Очевидно, что необходимо внедрять как новые инновационные материалы и оборудование в производство трансформаторов для УЭЦН (аморфная сталь, уменьшение толщины пластин сердечника, косой стык и др.), так и корректировать нормативно-техническую документацию, вводя в нее дополнительные показатели, позволяющие четко определить энергоэффективности трансформатора. И нефтедобывающая отрасль может выступить тем локомотивом, который поведет за собой все другие отрасли отечественного промышленного производства в **область энергоэффективности и энергосбережения.**

Ждём Ваши мнения и комментарии на сайте!

Перепечатка данной статьи разрешается с согласия автора с обязательной ссылкой на данную страницу.

