

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА БУРОВОЙ УСТАНОВКИ И ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ СОИЗМЕРИМОЙ МОЩНОСТИ

Ю.В. Шевырёв¹, Д.А. Моргачёв²

¹ Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва;

² ЗАО «ИТЦ «ДЖЭТ», г. Москва

Целью данной работы является исследование и анализ взаимного влияния источника электроэнергии и главного электропривода буровой установки при ступенчатом и частотном регулировании угловой скорости.

Приведены результаты исследования взаимного влияния источника и потребителей электроэнергии буровой установки в различных режимах работы главного электропривода при сооружении геологоразведочной скважины.

Исследования проводились методом математического моделирования в программной среде MATLAB/Simulink. Модели были составлены для двух систем электроснабжения – дизель-генератора и трансформатора и для двух систем электропривода – нерегулируемого и частотно-регулируемого асинхронного электродвигателя. Данные модели позволяют исследовать качество электроэнергии при различных режимах работы электропривода.

Выполненные исследования позволили получить зависимости от времени, параметров сети, нерегулируемого и частотно-регулируемого асинхронного электродвигателя при его пуске. Сравнение полученных зависимостей показало, что применение частотно-регулируемого асинхронного электродвигателя позволяет уменьшить в среднем пусковой ток электродвигателя на 80 % и отклонение напряжения сети на 60 %. Сравнение максимальных значений активных и полных мощностей при пуске нерегулируемого и частотно-регулируемого асинхронного электродвигателя показало, что применение преобразователя частоты позволяет выбрать дизель-генератор по мощности в 1,5 раза меньше, чем в случае нерегулируемого электропривода. Это позволяет более полно использовать дизель по мощности и тем самым сократить расход топлива при сооружении скважины.

Показано, что применение частотно-регулируемого асинхронного электродвигателя позволяет улучшить электромагнитную совместимость источника электроэнергии и главного привода буровой установки при их совместной работе и уменьшить затраты на энергообеспечение.

Ключевые слова: трансформатор, дизельная электростанция, буровая установка, асинхронный двигатель, преобразователь частоты, пусковой ток, отклонение напряжения.

Введение

Исследование работы частотно-регулируемого асинхронного электропривода (ЧРЭП) в условиях сооружения геологоразведочных скважин является весьма актуальной задачей. Как известно, буровая установка (БУ) с электрическим приводом потребляет электроэнергию от дизельной электростанции (ДЭС) или от трансформатора. При этом электропривод и источник энергии образуют систему соизмеримой мощности, для которой характерно ухудшение электромагнитной совместимости по сравнению с системой бесконечной мощности, что отрицательно влияет на условия работы электрооборудования буровой установки при проведении геологоразведочных работ. Однако при выборе электропривода и системы электроснабжения геологоразведочных работ эту проблему, как правило, не рассматривают.

Целью данной работы является исследование и анализ взаимного влияния источника электро-

энергии и главного электропривода БУ УКБ-5 при ступенчатом и частотном регулировании угловой скорости, а также обоснование применения частотно-регулируемого асинхронного электродвигателя (АД) для улучшения электромагнитной совместимости при совместной работе ДЭС или трансформатора и электрооборудования буровой установки.

Описание моделей

Исследование проводилось методом математического моделирования для двух систем электроснабжения – ДЭС и трансформатора и для двух систем электропривода – нерегулируемого и частотно-регулируемого АД с косвенным управлением по вектору потокосцепления ротора [2]:

1) энергоснабжение от государственной сети с трансформацией энергии для БУ со ступенчато-регулируемым электроприводом (ЭП) (рис. 1, а);

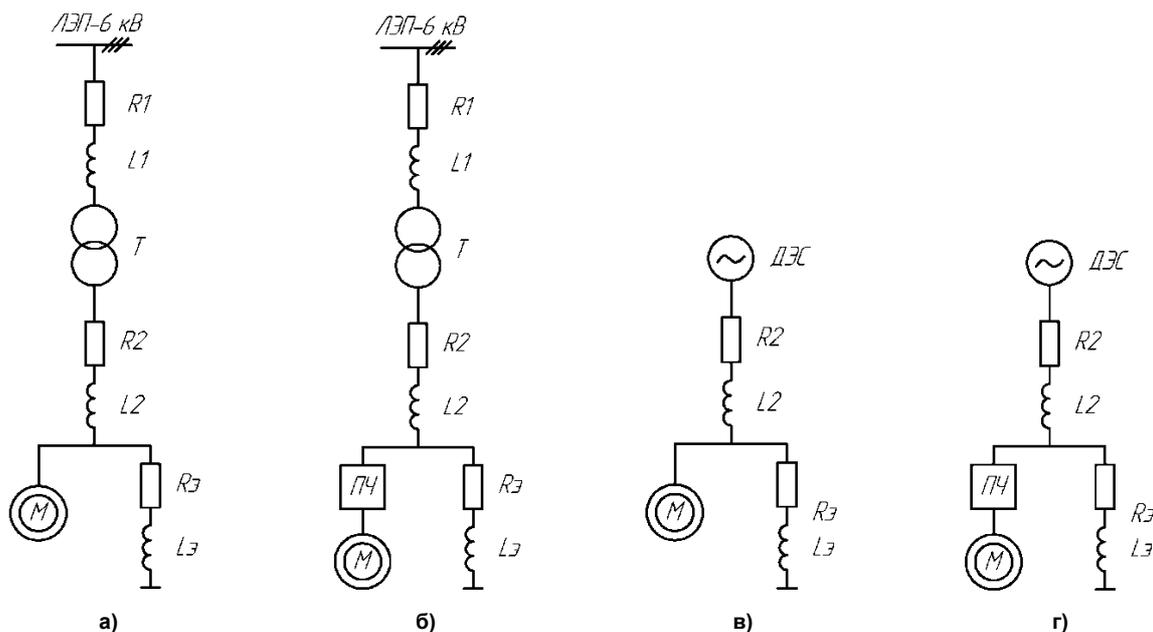


Рис. 1. Схемы замещения систем электроснабжения геологоразведочных работ: ЛЭП – линия электропередач; Т – трансформатор; R_2, L_2 – сопротивление сети; R_3, L_3 – эквивалентная нагрузка буровой установки; М – главный электропривод, ПЧ – преобразователь частоты

2) энергоснабжение от государственной сети с трансформацией энергии для БУ с ЧРЭП (рис. 1, б);

3) энергоснабжение от ДЭС для БУ со ступенчато-регулируемым ЭП (рис. 1, в);

4) энергоснабжение от ДЭС для БУ с ЧРЭП (рис. 1, г).

Модели разработаны в программной среде MATLAB/Simulink и учитывают основные свойства систем электроснабжения геологоразведочных работ.

Разработанные модели содержат следующие элементы:

1) Электродвигатель. Параметры АД (4A180M4Y3) частично берутся из паспортных данных, частично рассчитываются на основании этих данных. Расчету подлежат параметры схемы замещения – активные сопротивления и индуктивности [1, 4]. АД моделируется в программе MATLAB/Simulink блоком Asynchronous Machine SI Units. Программа автоматически решает уравнения на основе паспортных и расчетных данных.

2) Трансформатор. Моделируется в программе MATLAB/Simulink блоком Three-Phase Transformer Two Windings.

3) Участок питающей сети. Моделируется посредством последовательного соединения индуктивного и активного сопротивления блоком Three-Phase Series RLC Branch.

4) Источник переменного напряжения. Идеальный источник трехфазного напряжения собран из блоков синусоидальных ЭДС AC Voltage Source. При заполнении таблиц для фаз А, В и С в строке Phase вводятся значения 0, 240 и 120° соответственно.

5) ДЭС. Генератор моделируется последовательно включенными ЭДС и индуктивностью с отрицательной обратной связью по напряжению. Сформирован в программной среде следующими блоками: идеальный источник трехфазного напряжения и индуктивное сопротивление Three-Phase Series RLC Branch.

6) Преобразователь частоты (ПЧ). ПЧ собран в программной среде из следующих блоков: выпрямитель Universal Bridge Diodes, конденсатор Series RLC Branch, инвертор Universal Bridge IGBT/Diodes. Параметры каждого из этих элементов, используемых в моделях, соответствуют стандартным параметрам промышленной силовой электроники.

Модели, содержащие ПЧ, включают систему автоматического регулирования АД с косвенным управлением по вектору потокосцепления его ротора [3, 4]. Структурная модель системы автоматического регулирования представлена на рис. 2.

Данные модели позволяют исследовать качество электроэнергии при различных режимах работы электропривода и выполнять расчеты показателей качества электроэнергии во время пуска, установившегося режима и при различных аварийных ситуациях. Результаты моделирования представляются в виде графиков функций таких величин, как напряжение U_c , ток I_c , отклонение напряжения δU_c , коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения k , активная P_c и реактивная Q_c мощность, потребляемая из сети; угловая скорость $\omega_{дв}$, момент $M_{дв}$, мощность $U_{дв}$ на валу приводного двигателя и коэффициент мощности $\cos\phi$. Примеры полученных зависимостей представлены на рис. 3 и 4.

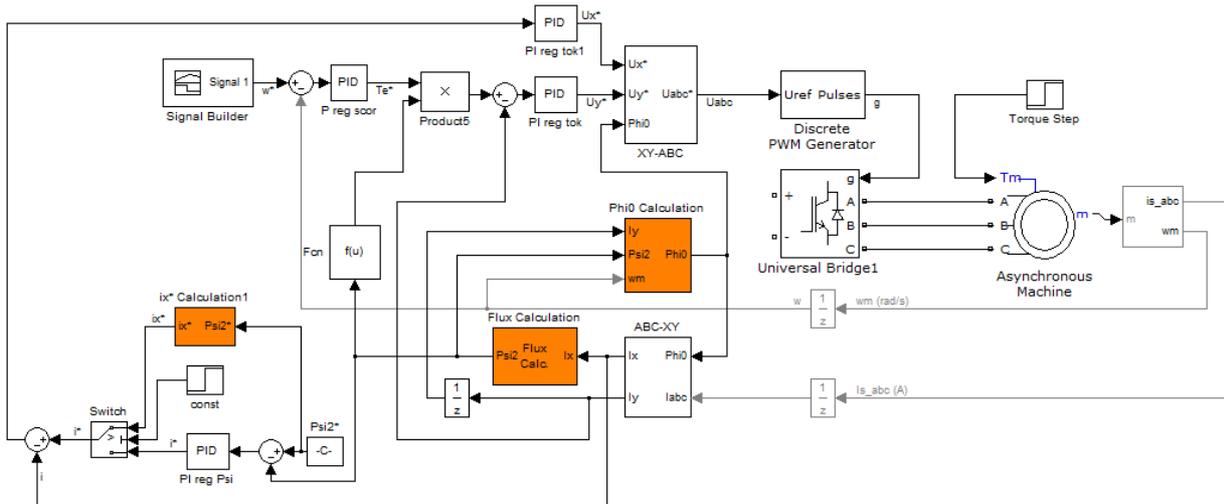


Рис. 2. Структурная модель САП в программной среде MATLAB

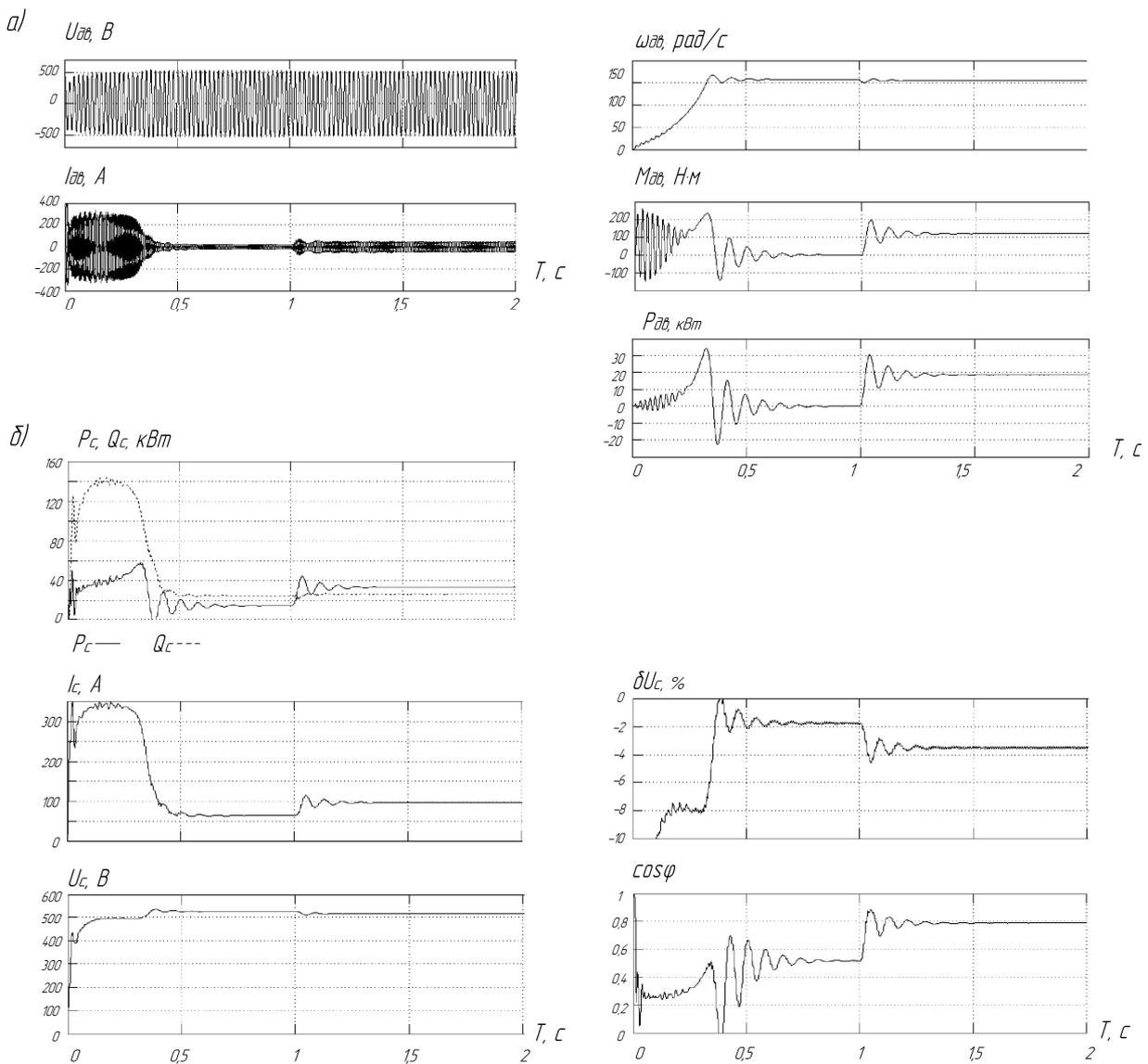


Рис. 3. Переходные процессы в электродвигателе (а) и сети (б) при пуске нерегулируемого АД и присоединении БТ

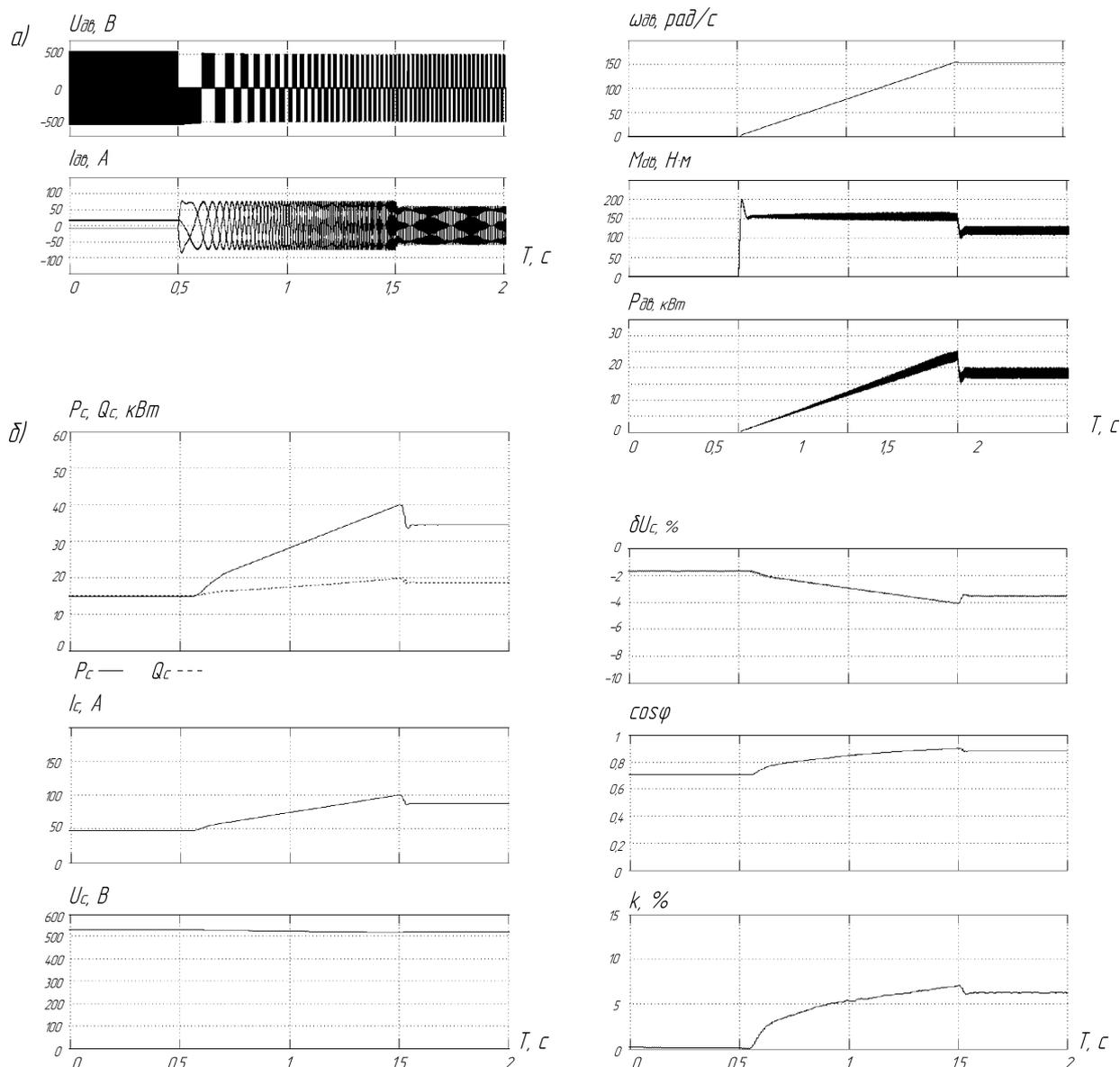


Рис. 4. Переходные процессы в электродвигателе (а) и сети (б) при пуске частотно-регулируемого АД с присоединенной КБТ

Исследование работы буровой установки и дизель-генератора

В статье представлены результаты исследования работы ДЭС АД-100-Т/400, АД-60-Т/400 и потребителей электроэнергии БУ УКБ-5. Как правило, номинальная мощность ДЭС в 1,5–2 раза превышает расчетную активную мощность БУ. Причиной этого является требование по обеспечению полукратного запаса по пусковой мощности короткозамкнутого асинхронного двигателя (КЗАД) вращателя БУ [2]. Это обстоятельство приводит к неполному использованию ДЭС по мощности. В то же время при использовании ЧРЭП в составе БУ требование по обеспечению полукратного запаса по пусковой мощности снимается.

Процесс пуска при ступенчатом регулирова-

нии угловой скорости АД разбивается на два этапа: пуск вхолостую до номинальной скорости, присоединение колонны буровых труб (КБТ) с поднятой над забоем коронкой.

Графики, отражающие процесс пуска нерегулируемого АД, приведены на рис. 3, где приняты следующие обозначения: $\omega_{дв}$ – угловая скорость АД, рад/с; $M_{дв}$ – момент АД, Н·м; $P_{дв}$ – мощность АД, кВт; $I_{дв}$ – ток статора, А; $U_{дв}$ – напряжение статора АД, В; P_c – активная мощность в сети, кВт; Q_c – реактивная мощность в сети, кВАр; I_c – ток сети, А; U_c – напряжение сети, В; δU_c – отклонение напряжения сети, %; $\cos\varphi$ – коэффициент мощности.

Пуск двигателя происходит в интервале времени от 0 до 0,45 с. Колебания момента АД затухают в течение 0,5 с. Через 1 с после начала пуска АД подключается КБТ, поднятая над забоем.

Во время переходного процесса пуска имеют место значительные броски тока статора $I_{дв}$ (до 500 % от номинального), просадка напряжения $U_{дв}$ до 8 %, колебания момента $M_{дв}$ и мощности $P_{дв}$ на валу двигателя. Пуск нерегулируемого АД характеризуется низким коэффициентом мощности $\cos\varphi$ в питающей линии – до 0,3.

Для режима пуска нерегулируемого короткозамкнутого АД характерно многократное увеличение активной P_c и реактивной Q_c мощностей, потребляемых из сети. Потребление из сети активной мощности возрастает до 60 кВт, а реактивной мощности – до 140 кВАр.

Наличие преобразователя частоты позволяет производить плавный пуск главного ЭП со сцепленной КБТ. Для исследования работы АД при энергоснабжении от собственной ДЭС была проведена следующая серия экспериментов: пуск при 10, 40, 70 и 100 % нагрузке от расчетной (вес и сила трения КБТ, приведены к валу двигателя).

Графики, отражающие изменение во времени параметров электродвигателя и сети при пуске главного привода с преобразователем частоты при 100 % нагрузке от расчетной приведены на рис. 4, где приняты аналогичные рис. 3, обозначения, k – коэффициент искажения синусоидальной формы напряжения сети, %.

Пуск двигателя с присоединенной КБТ продолжается в течение 1 с до номинальной скорости. Во время пуска двигателя наблюдается постепенное увеличение момента $M_{дв}$, тока $I_{дв}$ и напряжения $U_{дв}$.

Для питающей цепи пуск проходит без превышения допустимых ограничений по отклонению напряжения δU_c и составляет 4 %. Ток сети I_c увеличивается плавно до 100 А. Коэффициент мощности $\cos\varphi$ изменяется в пределах от 0,7 до 0,95.

Использование ПЧ в составе БУ позволяет получить плавное изменение активной и реактивной мощностей сети при пуске.

В табл. 1 показаны максимальные значения следующих величин: $M_{дв}$ – момент АД; $P_{дв}$ – мощность АД; $I_{дв}$ – ток статора; $U_{дв}$ – напряжение статора АД; P_c – активная мощность в сети; Q_c – реактивная мощность в сети; S_c – полная мощность в сети; δU_c – отклонение напряжения сети, %; k – коэффициент искажения синусоидальной формы напряжения сети, %; $\cos\varphi$ – коэффициент мощности. Параметры для частотно-регулируемого АД представлены в зависимости от веса КБТ, приведенного к валу АД.

Сравнение параметров в режиме пуска нерегулируемого АД и частотно-регулируемого привода позволяет сделать следующие выводы:

1. Коэффициент мощности $\cos\varphi$ во время пуска для нерегулируемого и регулируемого АД существенно отличаются. Коэффициент мощности для нерегулируемого АД $\cos\varphi$ равен 0,25, при регулируемом АД – 0,7.

2. Нерегулируемый АД при пуске вызывает вдвое большее отклонение напряжения δU_c , чем регулируемый АД, укомплектованный ПЧ. Отклонение напряжения в случае нерегулируемого АД превышает нормально допустимое значение 5 %.

3. Применение частотно-регулируемого АД наряду с повышением коэффициента мощности приводит к значительному уменьшению максимального значения реактивной мощности Q_c по сравнению с нерегулируемым ЭП. Реактивная мощность в этом случае снижается в 7 раз. Максимальное значение активной мощности P_c при пуске в зависимости от длины КБТ также снижается в 1,5–2 раза.

4. БУ с нерегулируемым АД при пуске развивает максимальную активную мощность $P_c = 57$ кВт, максимальную полную мощность $S_c = 152$ кВА. БУ с частотно-регулируемым АД при пуске развивает максимальную активную мощность $P_c = 40$ кВт, максимальную полную мощность $S_c = 45$ кВА.

Таблица 1

Сравнение режимов пуска для нерегулируемого и частотно-регулируемого АД

Нагрузка на валу, % от номинальной	Частотно-регулируемый АД				Ступенчато-регулируемый АД
	10	40	70	100	Пуск вхолостую
Параметры двигателя					
$M_{дв}$, Н·м	60	108	154	200	260
$I_{дв}$, А	30	44	60	77	330
$U_{дв}$, В	510	497	492	487	500
$P_{дв}$, кВт	9	13	20	25	34,2
Параметры сети					
P_c , кВт	22,7	28,5	34,2	40	57
Q_c , кВАр	16,5	17,5	18,5	19,4	141
S_c , кВА	28,06	33,44	38,88	44,45	152,08
δU_c , %	-2,4	-3	-3,5	-4	-8
$\cos\varphi$	0,7	0,7	0,7	0,7	0,25
k , %	4	5,4	6,3	7	-

5. Применение ПЧ приводит к искажению синусоидальной формы напряжения питающей сети. Однако максимальное значение коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения k во время пуска не превышает нормально допустимого значения 8 %.

Выполненные исследования позволили получить зависимости параметров сети и ЭП от времени при пуске нерегулируемого и частотно-регулируемого АД. Сравнение данных зависимостей показывает, что применение частотно-регулируемого АД позволяет уменьшить в среднем пусковой ток электродвигателя на 80 % и отклонение напряжения сети на 60 % по сравнению с нерегулируемым АД. Следовательно, применение частотно-регулируемого АД позволяет повысить электромагнитную совместимость ДЭС и главного привода БУ.

Расчет расхода топлива

Для вариантов электроснабжения буровой установки от ДЭС-100 (для БУ с нерегулируемым КЗАД) и ДЭС-60 (для БУ с ЧРЭП) был проведен расчет расхода топлива при сооружении скважины.

По геологическому разрезу для скважины глубиной 700 м был произведен расчет мощности, затраченной на непосредственно бурение, промывку и затрат времени на бурение для каждого пласта. Результаты представлены в табл. 2.

Расчет расхода топлива для i -го пласта был произведен по методике ВИЕМС [5]:

$$G_i = t_i N_{\text{двс}} g_{\text{вн}} \times \left[(1 - \eta_{\text{мн}}) \left(\frac{N_i}{N_{\text{двс}}} \right)^2 + (2\eta_{\text{мн}} - 1) \frac{N_i}{N_{\text{двс}}} + (1 - \eta_{\text{мн}}) \right]$$

Результаты расчета расхода топлива при бурении скважины станком УКБ-5 с питанием от дизель-генераторов ДЭС-100 и ДЭС-60 приведены в табл. 2.

Расчет экономии топлива был произведен согласно следующей формуле:

$$e = \frac{G_{100} - G_{60}}{G_{100}} \cdot 100 \%,$$

где G_{100} – расход топлива для ДЭС-100, кг; G_{60} – расход топлива для ДЭС-60, кг. Для рассматриваемого случая экономия топлива составила 27 %.

На основании выполненных исследований показано, что применение частотно-регулируемого асинхронного электродвигателя позволяет выбрать дизель-генератор меньшей мощности и значительно сократить расход топлива.

Исследование работы буровой установки при централизованном электроснабжении

В статье представлены результаты исследования работы трансформаторной подстанции мощностью 100 кВА, высоковольтного участка сети, низковольтного участка сети и потребителей электроэнергии БУ УКБ-5. Были проведены исследования пуска и установившегося режима работы ЭП БУ при изменении длины низковольтного участка сети от 50 до 500 м и при изменении длины высоковольтного участка сети от 1 до 25 км. Результаты эксперимента при изменении длины высоковольтного участка сети в статье не приведены, так как они схожи с результатами эксперимента для низковольтного участка.

Для исследования взаимодействия трансформаторной подстанции, низковольтного участка питающей сети и привода вращателя БУ была проведена следующая серия экспериментов: при длине низковольтного участка, равной 50, 200, 350 и 500 м, одинаковом сечении и при постоянной длине высоковольтного участка, равной 1 км.

В табл. 3 приведены максимальные значения следующих величин: $M_{\text{дв}}$ – момент АД; $P_{\text{дв}}$ – мощность АД; $I_{\text{дв}}$ – ток статора; $U_{\text{дв}}$ – напряжение статора АД; P_c – активная мощность в сети; Q_c – реактивная мощность в сети; δU_c – отклонение напряжения сети, %; k – коэффициент искажения синусоидальной формы напряжения сети, %; $\cos \varphi$ – коэффициент мощности.

Сравнение параметров в режиме пуска нерегулируемого АД и частотно-регулируемого привода позволяет сделать следующие выводы:

1. Прослеживается завышение токов статора $I_{\text{ад}}$ нерегулируемого АД при малой длине высоковольтной линии. Токи статора $I_{\text{ад}}$ при увеличении длины линии значительно уменьшаются от 465 до 258 А, но остаются многократно большими по сравнению с током ЧРЭП, равным 75 А.

2. Коэффициент мощности $\cos \varphi$ во время пуска для нерегулируемого и регулируемого АД значительно отличаются: коэффициент высоковольт-

Таблица 2

Сравнение расхода топлива для ДЭС-100 и ДЭС-60

Интервал, м	Время, ч	Мощность, кВт	Расход для ДЭС-100, кг	Расход для ДЭС-60, кг
0–8	2,56	6,822	19,825	12,7
8–65	27,36	3,557	202,15	125,5
65–180	138	3,826	1024	637,12
180–400	211,2	15,98	1863	1295
400–700	324,48	29,78	3461	2685
Итого	703,6	–	6570	4756

Таблица 3

Сравнение режимов пуска для нерегулируемого и частотно-регулируемого АД при изменении длины низковольтного участка сети

	Тип привода	Длина низковольтного участка сети, м			
		50	200	350	500
Параметры двигателя					
$I_{дв}$, А	ЧРЭП	74,5	75	75	75
	КЗАД	465	367	303	258
$M_{дв}$, Н·м	ЧРЭП	199	200	200	200
	КЗАД	342	210	174,5	145
$P_{дв}$, кВт	ЧРЭП	23,5	23,5	23,5	23,5
	КЗАД	38,5	31,1	25,67	21,5
Параметры сети					
I_c , А	ЧРЭП	98	99	99	100
	КЗАД	420	362	310	269
U_c , В	ЧРЭП	550	518	485	450
	КЗАД	535	470	410	363
P_c , кВт	ЧРЭП	43,5	44,4	45	46,16
	КЗАД	95	105,9	102,6	97
Q_c , кВАр	ЧРЭП	25,5	24,8	23,5	22,5
	КЗАД	200	161	128,5	104
δU_c , %	ЧРЭП	4	-3,5	-9,6	-16
	КЗАД	-1	-13	-23	-33
cosφ	ЧРЭП	0,86	0,86	0,86	0,865
	КЗАД	0,32	0,5	0,57	0,6
k , %	ЧРЭП	1,9	5,2	6,7	8,8
	КЗАД	-	-	-	-

ного участка цепи для нерегулируемого АД меняется от 0,32 до 0,6; при ЧРЭП коэффициент мощности cosφ равен 0,86.

3. Отклонение напряжения δU_c на низковольтном участке сети имеет линейную зависимость от длины линии электроснабжения и повышается при её увеличении от -1 до -33 %. При ЧРЭП отклонение напряжения δU_c меняется от 4 % до -16 %

4. Во время пуска короткозамкнутый АД потребляет значительные токи I , вместе с низким коэффициентом мощности cosφ это приводит к многократному повышению реактивной мощности Q_c , по сравнению с затратами ЧРЭП. Потребление активной мощности P_c во время пуска КЗАД также превышает потребление ЧРЭП 23,5 кВт и уменьшается с увеличением длины низковольтного участка сети с 38 до 21 кВт.

Заключение

Выполненные исследования позволили получить зависимости параметров сети и ЭП от времени при пуске нерегулируемого и частотно-регулируемого АД. Сравнение данных зависимостей показывает, что применение частотно-регулируемого АД позволяет уменьшить в среднем пусковой ток электродвигателя на 80 % и отклонение напряжения сети на 60 % по сравнению с нерегулируемым АД. Следовательно, применение частотно-регулируемого АД позволяет повысить

электромагнитную совместимость источника электроэнергии и потребителей электроэнергии БУ.

Выполненные исследования позволили получить зависимости параметров сети и ЭП от длины питающей сети при пуске нерегулируемого и частотно-регулируемого АД. Сравнение данных зависимостей показывает, что применение частотно-регулируемого АД позволяет уменьшить отклонение напряжения в среднем в 2 раза и, следовательно, увеличить длину питающей линии при том же сечении.

Сравнение максимальных значений активных и полных мощностей при пуске нерегулируемого и частотно-регулируемого АД показывает, что применение ПЧ позволяет выбрать ДЭС по мощности как минимум в 1,5 раза меньше, чем в случае нерегулируемого АД. Это позволяет более полно использовать дизель по мощности и тем самым сократить расход топлива при сооружении скважины на 27 %, что позволяет уменьшить затраты на энергообеспечение при проведении геологоразведочных работ на твёрдые полезные ископаемые.

Литература

1. Герман-Галкин С.Г. Электрические машины: Лабораторные работы на ПК / С.Г. Герман-Галкин, Г.А. Кардонов. – СПб.: КОРОНА принт, 2003. – 256 с.
2. Лимитовский, А.М. Энергообеспечение технологических потребителей геологоразведоч-

ных работ / А.М. Лимитовский, М.В. Меркулов, В.А. Косьянов. – М.: ИПЦ «Маска», 2008. – 135 с.

3. Терехов, В.М. Системы управления электроприводов / В.М. Терехов, О.И. Осипов. – М.: Издат. центр «Академия», 2005. – 304 с.

4. Мощинский, Ю.А. Определение параметров схемы замещения асинхронной машины по ката-

ложным данным / Ю.А. Мощинский, В.Я. Беспалов, А.А. Кирякин // *Электричество*. – 1998. – № 4. – С. 38–42

5. Чайкин, А.С. Методические рекомендации по нормированию расхода топлива на работу геологоразведочного оборудования / А.С. Чайкин, С.И. Наугольнов. – М.: ВИЭМС, 1989. – 36 с.

Шевырёв Юрий Вадимович, д-р техн. наук, профессор, кафедра «Электрификация и энергоэффективность горных предприятий», Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва; uvshev@yandex.ru.

Моргачёв Дмитрий Андреевич, инженер ЗАО «ИТЦ «ДЖЭТ», г. Москва; morga4ov@gmail.com.

Поступила в редакцию 28 февраля 2015 г.

DOI: 10.14529/power150204

STUDY OF ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY OF VARIABLE-FREQUENCY-REGULATED ELECTRIC DRIVE OF THE DRILLING RIG AND ELECTRICITY SOURCE OF COMPARABLE CAPACITY

Yu.V. Shevyrev, National University of Science and Technology “MISIS”, Moscow, Russian Federation, uvshev@yandex.ru,

D.A. Morgachev, JSC “General Energy Technologies”, Moscow, Russian Federation, morga4ov@gmail.com

The aim of this work is to study and analyze the mutual influence of the electricity source and the main electric drive of the drilling rig with the stepped and frequency-based regulation of the angular velocity.

The paper presents the results of research on mutual influence of electricity source and electricity consumers of the drilling rig in various modes of operation of the main actuator during geological prospecting hole-drilling.

The studies were conducted using the method of mathematical modeling in software environment MATLAB/Simulink. Models were made for two power supply systems – diesel generator and transformer, and for two electric drive systems – unregulated and variable frequency induction motor. These models allow investigation of electricity quality under different operating conditions of the drive.

The studies have time and power line parameter dependences of unregulated and variable frequency induction motor when starting. Comparison of two curves showed that the use of frequency-controlled cage induction motor in average reduces motor starting current by 80 % and voltage deviation by 60%. Comparison of the maximum values of active and full power at start of unregulated and variable frequency induction motor showed that the use of the frequency converter makes it possible to choose a diesel generator with the power by factor of 1.5 less than in the case of an unregulated drive. It makes better use of diesel power and thereby reduces fuel consumption at the borehole drilling.

The research shows that the use of variable-frequency induction motor can improve the electromagnetic compatibility of electricity source and the main drive of the drilling rig at their synchronous functioning, and reduce energy costs.

Keywords: transformer, diesel generating set, drilling rig, cage induction motor, frequency converter, starting current, voltage deviation.

References

1. German-Galkin S.G., Kardonov G.A. *Elektricheskie mashiny: Laboratornye raboty na PK* [Electric Machines: Laboratory Work on PC]. St. Petersburg, KORONA Publ., 2003. 256 p.

2. Limitovskiy A.M., Merkulov M.V., Kos'yanov V.A. *Energoobespechenie tekhnologicheskikh potrebiteley geologorazvedochnykh rabot* [Power Supply Technology Consumer for Exploration Work]. Moscow, Ltd. "IPC MASKA", 2008. 135 p.

3. Terekhov V.M., Osipov O.I. *Sistemy upravleniya elektroprivodov* [Control Systems of Electrical Machines]. Moscow, Akademiya Publ., 2005. 304 p.

4. Moshchinskiy Yu.A., Bespalov V.Ya., Kiryakin A.A. [Defining the Parameters of the Equivalent Circuit of an Induction Machine by Catalog Data], *Electrical Technology Russia*, 1998, no. 4, pp 38–42 (in Russ.)

5. Chaykin A.S., Naugol'nov S.I. *Metodicheskie rekomendatsii po normirovaniyu raskhoda topliva na rabotu geologorazvedochnogo oborudovaniya* [Guidelines on Rationing Fuel to Work and Exploration Equipment]. Moscow, VIEMS Publ., 1989. 36 p.

Received 28 February 2015

БИБЛИОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ СТАТЬИ

Шевырёв, Ю.В. Исследование электромагнитной совместимости частотно-регулируемого электропривода буровой установки и источника электроэнергии соизмеримой мощности / Ю.В. Шевырёв, Д.А. Моргачёв // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2015. – Т. 15, № 2. – С. 25–33. DOI: 10.14529/power150204

REFERENCE TO ARTICLE

Shevyrev Yu.V., Morgachev D.A. Study of Electromagnetic Compatibility of Variable-Frequency-Regulated Electric Drive of the Drilling Rig and Electricity Source of Comparable Capacity. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Power Engineering*, 2015, vol. 15, no. 2, pp. 25–33. (in Russ.) DOI: 10.14529/power150204