

квадратера совместили оба сигнала в режиме реального времени на мониторе компьютера.

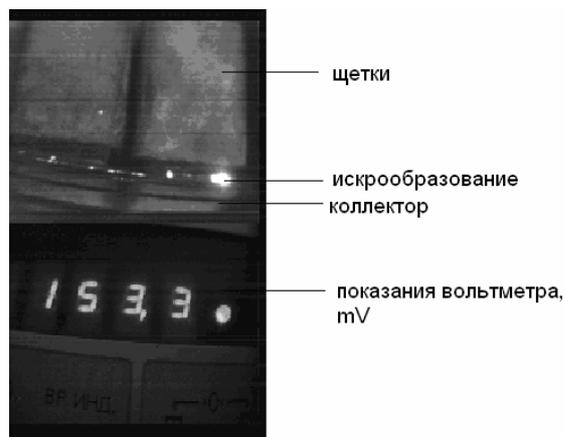


Рис. 7. Видеоканал регистрации искрения на коллекторе

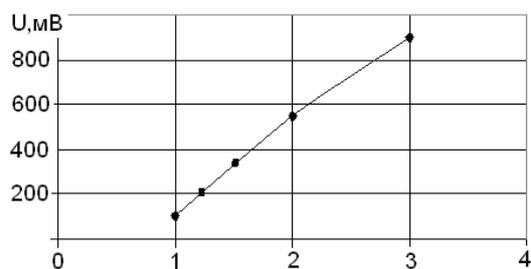


Рис. 8. Зависимость величины напряжения на датчике от бальности искрения

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев А.Е. Тяговые электрические машины и преобразователи. – Л.: Энергия, 1967. – 225 с.

Подобная реализация видеонаблюдения искрения, рис. 7, позволила вести непрерывную запись в режиме реального времени двух совмещенных видеосигналов. Эксперименты видеонаблюдения были проведены на физической модели тягового электродвигателя. Результаты показывают прямую зависимость изменения уровня напряжения на нагрузочном сопротивлении трансформатора тока и изменения интенсивности искрения под измерительной щеткой.

Из приведенных осциллограмм видно, что существует определенная предельная величина амплитуды действующего значения поперечного тока, превышение которой ведет к возникновению искрения на коллекторе. Амплитуда отдельных всплесков (рис. 5) не превышает допустимого значения, и интенсивность искрения невысока <1 балла. Возникновение искрения величиной 3 балла (рис. 6) отразилось на амплитуде действующего значения тока. На экспериментальной модели выявлено соответствие (рис. 8) между величиной коммутационного тока, соответствующего величине напряжения на датчике U , и интенсивностью искрения (в эксперименте интенсивность искрения определялась визуально по ГОСТ 183-78), что позволяет назначать допустимые эксплуатационные режимы двигателя по уровню этого тока. Устройство индикации искрения может быть успешно применено для диагностики и мониторинга состояния искрения в процессе эксплуатации.

2. Иоффе А.Б. Тяговые электрические машины. – Л.: Энергия, 1965. – 232 с.
3. Карасев М.Ф. Коммутация коллекторных машин постоянного тока. – М.: Госэнергоиздат, 1961. – 326 с.

УДК 621.318.38

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВИБРАЦИОННЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ АКТИВАТОРОМ ПРИ РАБОТЕ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ

Р.Ф. Бекишев, А.С. Глазырин, П.А. Карагодин, С.В. Цурпал, Д.В. Шелестюк

Томский политехнический университет
E-mail: EPATPU@mail2000.ru

Проведено исследование работы системы управления вибрационным электромагнитным активатором на воздухе и в воде. На основании анализа опытных данных выбран оптимальный закон управления для построения поисковой адаптивной системы.

В ОАО НПФ "Геофит" ВНК и Томском политехническом университете разработан не имеющий аналогов метод виброструйной магнитной активации (ВСМА) высоковязких жидкостей, в том числе нефти, с помощью резонансно-колебательных электромеханических преобразователей, в дальнейшем называемых вибрационными электромагнитными активаторами (ВЭМА).

ВЭМА часто работает с различными жидкостями или же их свойства меняются в процессе обработки [1], следовательно, является целесообразным применение системы автоматического управления ВЭМА (САУ ВЭМА), которая будет регулировать амплитуду и частоту тока катушек ВЭМА таким образом, чтобы колебания якоря происходили в резонансном режиме с максимально возможной амплитудой.

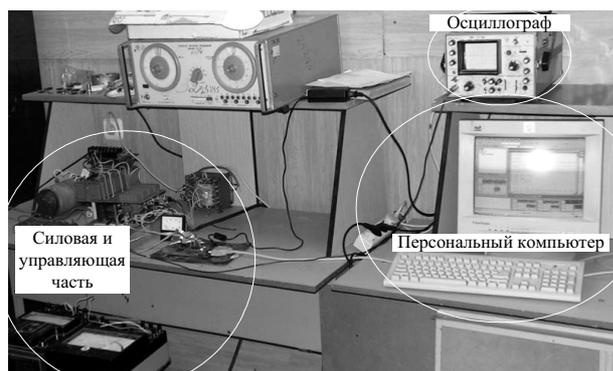


Рис. 1. Внешний вид экспериментальной установки САУ ВЭМА

Для снятия зависимостей электрических, механических и электромагнитных координат от рабочей частоты на кафедре электропривода и электрооборудования ТПУ разработана экспериментальная установка, состоящая из объекта управления (ВЭМА-0,3), силовой части [2], управляющей части (плата eZdsp F2812), персонального компьютера и осциллографа. Внешний вид экспериментальной установки показан на рис. 1.

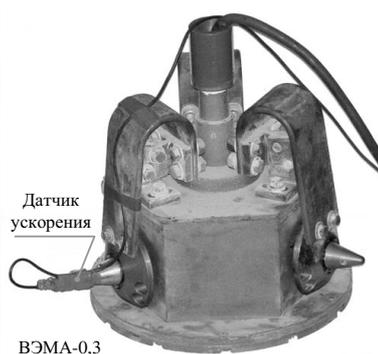
Экспериментальные данные представляют собой зависимости таких рабочих координат от рабочей частоты преобразователя частоты (ПЧ) как:

- действующее значение ускорения a , скорости v и смещения x якоря; токов дросселя и катушек $i_{\Delta}, i_{\text{кд}}$;
- действующее потокосцепление катушек $\Psi_{\text{кд}}$;
- среднее значение напряжения накопителя $U_{\text{наксп}}$ и конденсатора сброса $U_{\text{кспр}}$;
- максимальное значение напряжения конденсатора сброса $U_{\text{кмакс}}$;
- потребляемая активная мощность $P_{\text{сети}}$;
- коэффициент мощности $\cos \varphi$;
- время сброса тока τ_i .

Процедура снятия зависимостей заключается в следующем: сигналы с датчиков усиливаются по мощности, сдвигаются относительно нулевой точки и подаются на АЦП. Затем находят действующие, средние и максимальные значения интересующих координат, которые пропускаются через экспоненциальный фильтр 2-ого порядка [3]. Далее из полученных графиков определяют резонансные частоты, ширину полос пропускания, экстремальные значения координат и другие данные. По этим данным можно в процессе работы устройства автоматически определять параметры рабочей среды.

С помощью разработанной экспериментальной установки были получены зависимости рабочих координат от рабочей частоты ПЧ при работе в воде и на воздухе. Из законов стабилизации практический интерес представляют:

- действующие значения потокосцепления катушек $\Psi_{\text{кд}} = \text{const}$, тока катушек $i_{\text{кд}} = \text{const}$, смещение активатора $x_{\text{д}} = \text{const}$;
- максимальное значение напряжения на конденсаторе сброса $U_{\text{кмакс}} = \text{const}$.



ВЭМА-0,3

В связи с тем, что при стабилизации действующего смещения на нерезонансных частотах наблюдается превышение допустимых значений токов и напряжений, применялись законы стабилизации: $\Psi_{\text{кд}} = \text{const}$, $i_{\text{кд}} = \text{const}$, $U_{\text{кмакс}} = \text{const}$. Зависимости координат в относительных единицах при работе активатора на воздухе для $\Psi_{\text{кд}} = \text{const}$ приведены на рис. 2–4.

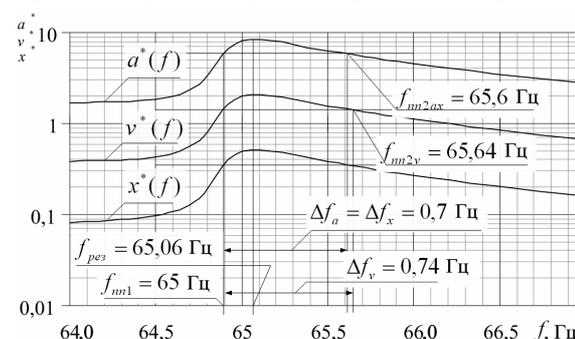


Рис. 2. Зависимости относительных механических координат от частоты в околорезонансной области

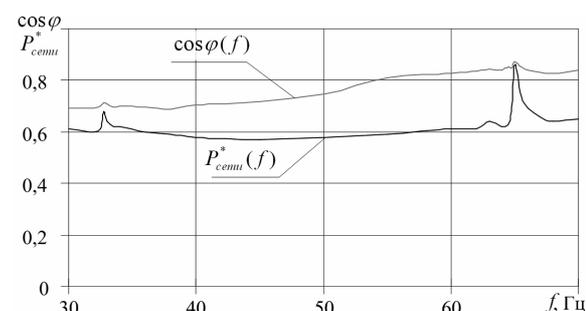


Рис. 3. Зависимости относительных энергетических координат от частоты

Базовые значения координат сведены в табл. 1.

Таблица 1. Базовые значения координат

Среда	a , м/с ²	v , м/с	x , м	i_{Δ} , А	$i_{\text{кд}}$, А	$U_{\text{наксп}}$, В	$U_{\text{кспр}}$, В	$U_{\text{кмакс}}$, В	$P_{\text{сети}}$, Вт	$\Psi_{\text{кд}}$, Вб	τ_i , с
Воздух	100	1	0,01	2,0	2	100	500	1000	100	1	0,02
Вода	100	1	0,01	2,5	2	50	500	200	200	1	0,01

Зависимости координат в относительных единицах при работе активатора в воде для закона стабилизации $\Psi_{\text{кд}} = \text{const}$ приведены на рис. 5–7.

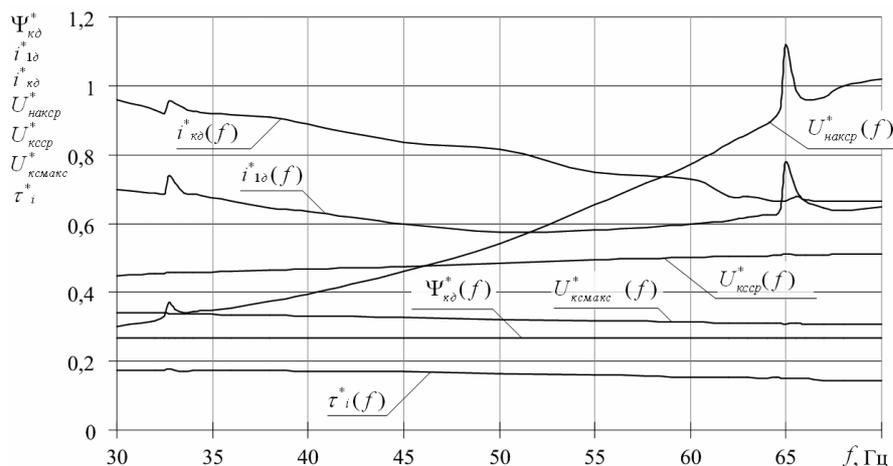


Рис. 4. Зависимости относительных электрических, электромагнитных и временных координат от частоты

Для обеспечения возможности построения поисковой адаптивной САУ ВЭМА и автоматической настройки на резонанс закон стабилизации промежуточной координаты должен выбираться согласно следующим критериям:

1. Монотонность характера графиков зависимостей, по которым осуществляется принятие решений о направлении шага поиска.

2. Наибольшая эффективность закона для стабилизации действующей вынуждающей электромагнитной силы.
3. Наименьшая зависимость ширины полосы пропускания от параметров рабочей среды.
4. Симметричность резонансного пика относительно резонансной частоты.
5. Наименьшее отношение амплитуды побочного резонанса к амплитуде основного.

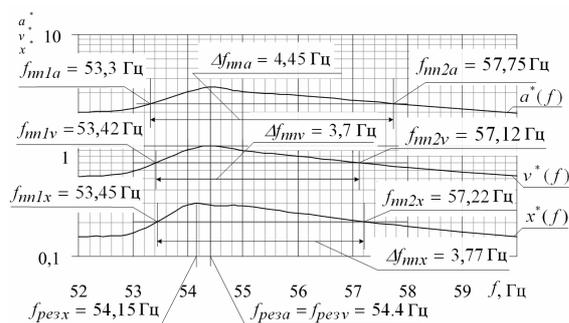


Рис. 5. Зависимости относительных механических координат от частоты

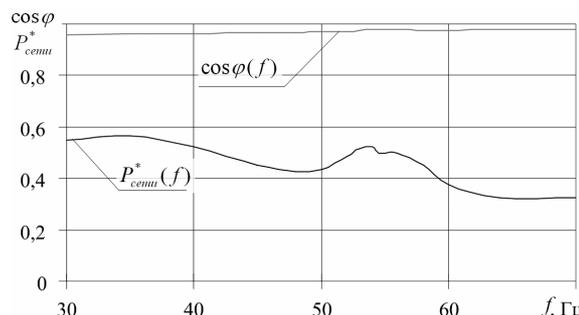


Рис. 6. Зависимости относительных энергетических координат от частоты

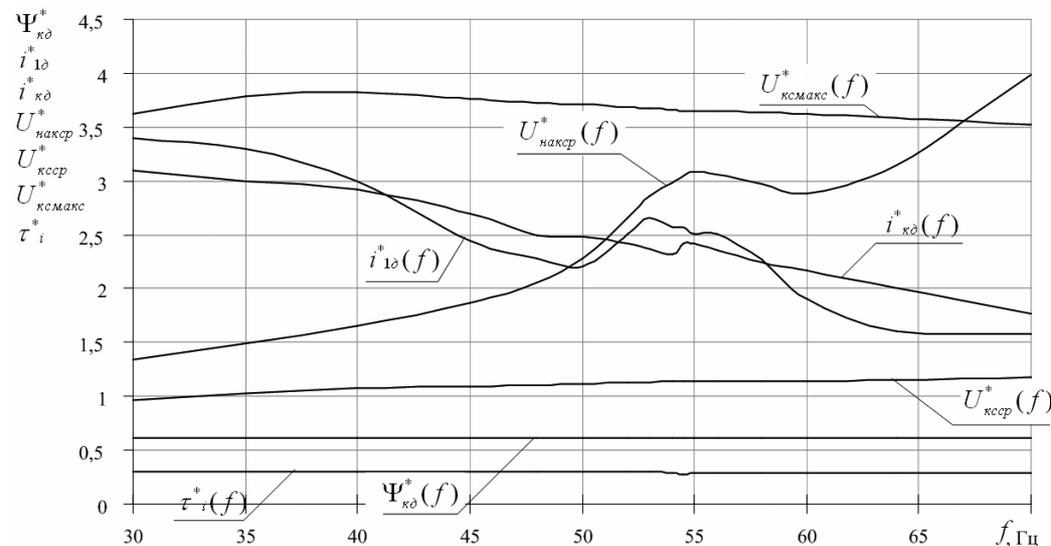


Рис. 7. Зависимости относительных электрических, электромагнитных и временных координат от частоты

Первому критерию при работе на воздухе удовлетворяют все три закона стабилизации. Однако при работе в воде только два из них (постоянство действующего потокосцепления и максимального напряжения на конденсаторе сброса) обеспечивают необходимую однозначность при настройке с начальной частоты, лежащей выше основного резонанса. Для закона стабилизации максимального значения напряжения на конденсаторе сброса имеются два близко расположенных резонансных пика, что сказывается на эффективности использования резонанса, в отличие от закона стабилизации действующего значения потокосцепления, при котором резонансный пик только один. Следовательно, первому критерию лучше удовлетворяет закон стабилизации действующего значения потокосцепления.

Второму критерию также предпочтительнее закон стабилизации потокосцепления. Менее эффективен закон стабилизации максимального напряжения на конденсаторе сброса.

Для оценки законов стабилизации по третьему критерию определим отношение среднего значения полос пропускания механических координат при работе в воде к среднему значению полос пропускания при работе на воздухе. В результате проведенных расчетов наименьшее отношение наблю-

дается при использовании закона стабилизации действующего потокосцепления.

Четвертый критерий можно рассматривать как критерий линейности системы – чем более система приближается к линейной, тем более симметричен резонансный пик относительно резонансной частоты. Сделать однозначный вывод по этому критерию не представляется возможным, поскольку в случае работы на воздухе наибольшая симметрия наблюдается при законе стабилизации максимального напряжения на конденсаторе сброса, а в случае работы в воде – действующего тока катушек. При законе стабилизации действующего потокосцепления резонансные пики в обеих средах несимметричны.

Пятый критерий применяется только при работе активатора на воздухе, по причине отсутствия побочных резонансов при работе в воде. Данному критерию лучше соответствуют законы стабилизации действующего значения тока катушек и максимального значения напряжения на конденсаторе сброса.

Принимая во внимание степень важности критериев, можно сделать вывод о том, что наиболее подходящим для построения адаптивной поисковой системы автоматической настройки на резонанс является закон стабилизации действующего значения потокосцепления катушек ВЭМА.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Москвитин А.И. Электрические машины возвратно-поступательного движения. Электрические молотки, вибраторы, быстросходный электромагнитный привод. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1950. – 144 с.

2. Зиновьев Г.С. Основы силовой электроники. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. – 664 с.
3. Олссон Г., Пиани Дж. Цифровые системы автоматизации и управления. – СПб.: Невский Диалект, 2001. – 557 с.: ил.

УДК 621.318.38

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ВИБРАЦИОННЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ АКТИВАТОРОМ

Р.Ф. Бекишев, А.С. Глазырин, С.В. Цурпал

Томский политехнический университет
E-mail: EPATPU@mail2000.ru

Приведены основные требования, предъявляемые к системе автоматического управления вибрационным электромагнитным активатором. Представлена математическая модель системы управления с помощью которой, проведен анализ временных и частотных характеристик электромагнитного активатора при работе в различных средах.

Для снижения вязкости нефтепродуктов и химических жидкостей и суспензий применяют вибрационные электромагнитные активаторы (ВЭМА) с якорем специальной формы [1].

До последнего времени систем автоматического управления (САУ) вибрационными электромагнитными активаторами (ВЭМА) не существовало. Однако без САУ представляется затруднительным использо-

вать в полной мере все достоинства ВЭМА. Поэтому была поставлена задача разработки и исследования систем питания и автоматического управления ВЭМА.

Применение системы автоматического управления позволяет использовать все полезные свойства вибрационного электромагнитного активатора при работе в различных рабочих средах, в том числе при обработке высоковязких нефтепродуктов.