

УДК 621.3.078:621.3.013

СТАЦИОНАРНЫЕ И ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ НАНЕСЕНИЯ ПОЛИМЕРНОЙ ИЗОЛЯЦИИ НА ЖИЛУ СВЕРХВЫСОКОВОЛЬТНЫХ КАБЕЛЕЙ

А.А.Щерба¹, чл.-корр. НАН Украины, А.Д.Подольцев¹, докт.техн.наук, В.М.Золотарев², докт.техн.наук,
¹ – Институт электродинамики НАН Украины, пр. Победы, 56, Киев-57, 03680, Украина,
² – Завод "Южкабель", ул. Автогенная, 7, Харьков, 61099, Украина.

Исследованы стационарные и переходные процессы в системе частотно-управляемых асинхронных электроприводов, регулирующих параметры движения металлической жилы кабелей с полимерной изоляцией в наклонной вулканизационной камере. Получены аналитические выражения для согласования необходимых натяжений свободно провисающей металлической жилы с параметрами камеры. Создана Simulink-модель для регулирования таких переходных электрических и механических процессов, как колебания движущейся жилы в поперечном и продольном направлениях с учетом изменения параметров жилы, тормозящих сил и напряжения электропитания. Библ. 3, рис. 1.

Ключевые слова: электропривод, металлическая жила, наклон, сила, скорость, колебание, напряжение.

При изготовлении кабелей со сшитой полиэтиленовой (СПЭ) изоляцией на сверхвысокие напряжения одной из наиболее сложных проблем является оптимизация параметров электромеханической системы регулирования необходимых натяжений и скорости движения металлической жилы с трехслойной жидкой изоляцией в вулканизационной камере наклонного типа. Необходимо исключать радиальные и осевые смещения изоляции, возникающие при изменении параметров жилы, тормозящих сил и напряжения электропитания.

Разрабатывалась математическая модель для определения оптимальной конфигурации свободно провисающей жилы в наклонной камере (рис. 1). Допускалось, что возможно применение известного уравнения для тяжелой свободно провисающей наклонной цепи. Экспериментально выбирался угол наклона жилы β к горизонтальной оси системы координат. Горизонтальная и вертикальная составляющие натяжения жилы в верхней точке $B(x_1, y_1)$ определялись как $T_{x1} = T \cos \beta$ и $T_{y1} = T \sin \beta$. Оптимальным признавалось такое провисание жилы, при котором ее натяжение в точке $A(0; a)$ имело только горизонтальную составляющую $T_x = T_{x1}$, а его вертикальная составляющая $T_y = 0$. На модели определяли натяжения жилы для ее перемещения с требуемой скоростью, допустимые поперечные и продольные отклонения и ускорения жилы в камере. Для анализа переходных процессов в системе частотно-регулируемых электроприводов при изменении погонного веса жилы, ее натяжений, скорости перемещения и напряжения питания создавалась численная модель с применением пакета программ Matlab/Simulink [1–3]. Проводился анализ влияния на переходные режимы провалов напряжения более 10%, обычно недопустимых при работе таких приводов, а также других аварийных электрических и механических параметров.

Реализуемая в работе скоростная диаграмма показала высокую точность отработки заданной скорости движения жилы с изоляцией во всем диапазоне регулирования скорости, кроме начального участка разгона, что связано с необходимостью преодоления пассивного момента нагрузки. Диаграмма моментов подтвердила постоянный характер нагрузок, а также выполнение основного уравнения движения электропривода при затухающих колебаниях на участках запуска и торможения. Наличие колебаний в кривой момента предопределялся самой структурой системы управления, в которой отсутствовал канал регулирования тока (момента).

Определялись также такие энергетические характеристики электропривода, как зависимости активной, реактивной и полной потребляемой мощности от мощности нагрузки на валу двигателя: $P, Q, S = f(P_2)$. Эти характеристики позволили определить важные показатели системы: ее КПД $\eta = P_2/P$ и коэффициент мощности $\cos \varphi = P/S$. Реализуемая диаграмма мощностей всей электромеханической системы показала, что потребление реактивной мощности было незначительным, поэтому кривые полной и активной мощностей практически совпадали. На основе диаграмм мощностей был проведен анализ особенностей режимов нежелательного возрастания потребления системой реактивной составляющей мощности от питающей сети.

С применением указанной математической модели возможно получение фазовых траекторий энергетических характеристик системы электропривода в целом и для асинхронного двигателя в отдельности. Типичным для всех характеристик является наличие петли, что соответствует двум разным режимам работы электропривода: запуску и торможению. Исследуемые характеристики имели практически линейный характер, что подтверждало теоретические расчеты при проектировании электродвигателей.

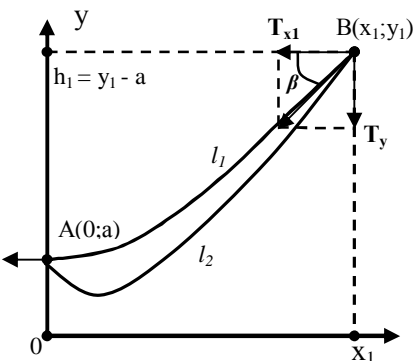


Рис. 1

Для количественной оценки переменных и энергетических показателей в модели наиболее просто и удобно использовать блоки цифровой индикации *Display* пакета *Simulink*, входы которых подключались к соответствующим линиям связи. При этом необходимо останавливать процесс моделирования в требуемый момент времени, используя кнопку “пауза” на панели инструментов, и записывать показания. Результаты расчетов показали высокую стабильность работы электромеханических элементов линии при провале напряжения до 20% – величина угловой скорости вращения ротора в этом случае уменьшалась не более, чем на 2%. В то же время, если провал напряжения питающей сети был более 27%, то скорость вращения ротора электродвигателя и скорость линейного перемещения жилы в наклонной камере изменялись недопустимым образом.

Выводы. Разработанная методика позволяет определять оптимальные параметры электротехнологической системы, состоящей из наклонной камеры вулканизации трехслойной полимерной изоляции, нанесенной на свободно провисающую движущуюся металлическую жилу, и системы частотно-регулируемых электроприводов. Исходя из необходимой пропускной мощности и напряжения кабелей, а также производительности камер вулканизации, методика дает возможность определить основные характеристики свободно провисающей наклонной жилы и необходимые ее натяжения для движения с разными постоянными скоростями. На созданной *Simulink*-модели можно исследовать и оптимизировать переходные процессы в системе частотно-регулируемых электроприводов при изменении погонного веса жилы, ее натяжения, скорости перемещения, напряжения питания, а также других электрических и механических параметров.

1. Герман-Галкин С.Г. Matlab/Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. – СПб.: КОРОНА-Век, 2008. – 368 с.
2. Золотарев В.М., Щерба А.А., Подольцев А.Д. Моделирование динамических процессов в электромеханическом комплексе для обеспечения требуемого движения силового кабеля с полиэтиленовой изоляцией в наклонной экструзионной линии // Техн. электродинамика. – 2010. – № 3. – С. 44–51.
3. Bose B.K. Power Electronics and Motor Drives. – Elsevier, 2006. – 917 p.

УДК 621.3.078:621.3.013

СТАЦІОНАРНІ ТА ПЕРЕХІДНІ ПРОЦЕСИ В ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІЙ СИСТЕМІ НАНЕСЕННЯ ПОЛІМЕРНОЇ ІЗОЛЯЦІЇ НА ЖИЛУ НАДВИСОКОВОЛЬТНИХ КАБЕЛІВ

А.А.Щерба¹, чл.-кор. НАН України, О.Д.Подольцев¹, докт.техн.наук, В.М.Золотарьов², докт.техн.наук,

¹ – Інститут електродинаміки НАН України, пр. Перемоги, 56, Київ-57, 03680, Україна,

² – Завод "Південкабель", вул. Автогенна, 7, Харків, 61099, Україна.

Досліджено стаціонарні та перехідні процеси в системі частотно-регульованих асинхронних електроприводів, які регулюють параметри руху металеві жил кабелів з полімерною ізоляцією в похилій вулканізаційній камері. Отримано аналітичні вирази для узгодження необхідних натягів вільно провисаючої металеві жилы з параметрами камери. Створено Simulink-модель для регулювання таких перехідних електричних і механічних процесів, як коливання рухомої жилы в поперечному і поздовжньому напрямках із урахуванням зміння параметрів жилы, гальмуючих сил і напруги електроживлення. Бібл. 3, рис. 1.

Ключові слова: електропривод, металева жила, ізоляція, нахил, сила, швидкість, коливання, напруга.

STATIONARY AND TRANSIENT PROCESSES IN ELECTROMECHANICAL SYSTEM FOR THE APPLICATION OF POLYMERIC ON CONDUCTOR OF EHV CABLES

A.A.Shcherba¹, O.D.Podoltsev¹, V.M.Zolotarev²,

¹ – Institute of Electrodynamics National Academy of Sciences of Ukraine, pr. Peremogy, 56, Kyiv-57, 03680, Ukraine,

² – "Yuzhcabel" Works, Avtogenna Str. , 7, Kharkiv, 61099, Ukraine.

The stationary and transient processes in the system of variable-frequency asynchronous drives, controlling the motion parameters of metal cable conductor with polymer insulation in the inclined vulcanization chamber are studied. The analytical expressions for matching the required tension of free sagging metal conductor with camera parameters are determined. It has been created the Simulink-model for regulation of transient electrical and mechanical processes, such as vibration of moving conductor in the transverse and longitudinal directions taking into account the changes of the conductor parameters, retarding forces and supply voltage. References 3, figure 1.

Key words: electric drive, metal conductor, incline, force, speed, vibration, tension.

1. German-Galkin S.G. Matlab/Simulink. Designing of mechanotronic systems on PC. – Sankt-Peterburg: Korona-Vek, 2008. – 368 p. (Rus)

2. Zolotarev V.M., Shcherba A.A., Podoltsev A.D. Modeling of dynamic processes in electro-mechanical system for support of required motion of power cable with polyethylene insulation in the inclined extrusion line // Tekhnichna elektrodynamika. – 2010. – № 3. – Pp. 44–51. (Rus)

3. Bose B.K. Power Electronics and Motor Drives. Elsevier, 2006. – 917 p.

Надійшла 10.01.2012

Received 10.01.2012