



**КАРТОВЕНКО**  
Алла Валерьевна  
аспирант  
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

**KARTOVENKO**  
Alla Valerievna  
Post-Graduate  
(MSTU named  
after N.E. Bauman)

## Исследование и создание автоматизированного гидравлического монтажного комплекса ЛЭП ВЛ

**А.В. Картовенко**

*Исследованы закономерности изменения динамических и кинематических параметров гидравлического монтажного комплекса воздушных линий электропередач. Даны рекомендации по созданию автоматизированной системы управления этим комплексом.*

**Ключевые слова:** автоматизированный монтажный комплекс, автоматизированная система управления.

## Investigation and Creation of Automated Hydraulic Assembly Complex of Overhead Power Lines

**A.V. Kartovenko**

*The article considers the laws of dynamic and kinematical parameters variations for the hydraulic assembly complex of overhead power lines and recommendations to create its automated control system.*

**Keywords:** automated assembly complex, automated control system.

Рассмотрим тормозную площадку монтажного комплекса для строительства линий электропередач (ЛЭП), состоящую из кабельного тормозного домкрата, кабельного барабана с намотанным сталеалюминиевым проводом марки АС и тормозной гидравлической машины.

На барабан (№ 20 по ГОСТ 5151—79) [1] намотан провод (для расчетов приняли марку АС 240/56 по ГОСТ 839—80) [2], который имеет разрывное усилие 99 кН, усилие тяжения 4,9 кН.

Для определения диаметра необходимо подсчитать число витков слоев провода на барабане:

$$n = \frac{L_{620ш}}{d_{пр АС240/56}},$$

где  $L_{620ш}$  — длина шейки барабана № 20;  $d_{пр АС240/56}$  — диаметр провода АС240/56.

Число слоев провода на барабане можно определить по формуле

$$m = \frac{D_{620ш} - D_{1620ш}}{2d_{пр АС240/56}},$$

где  $D_{620ш}$  — диаметр щеки барабана;  $D_{1620ш}$  — диаметр шейки барабана.

тогда диаметр провода в каждом слое, намотанном на барабан, равен (рис. 1):

$$d_{\text{сл } i} = D_{\text{б20 ш}} + (2i - 1)d_{\text{пр AC240/56}},$$

где  $i$  — номер слоя,  $i = 1 \dots m$ .

Радиус  $i$ -го слоя (см. рис. 1):

$$r_{\text{сл } i} = \frac{d_{\text{сл } i}}{2}.$$

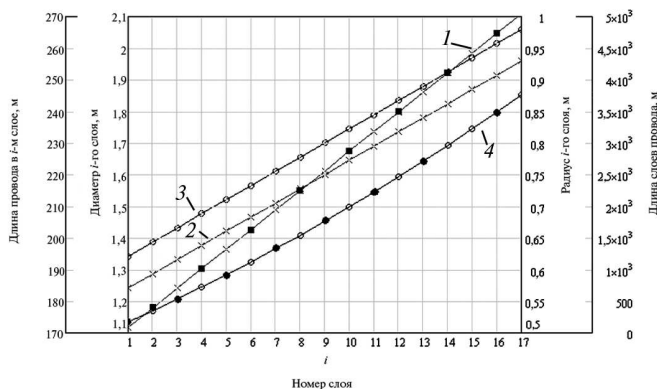


Рис. 1. Зависимость диаметра и радиуса провода АС от количества его слоев на барабане; суммарная длина провода АС в  $i$ -м слое и в  $m$  слоев:

$$1 - L_{\text{пр. сл } i}; 2 - d_{\text{сл } i}; 3 - i; 4 - L_{\text{пр. } \Sigma \text{ сл } i}$$

Длина провода в каждом слое, намотанном на барабан, (рис. 2):

$$L_{\text{пр. сл } i} = \pi d_{\text{сл } i} n,$$

где  $i$  — номер слоя,  $i = 1 \dots m$ .

Общую длину провода, намотанного на барабан (от 1-го до  $m$ -го слоя), вычисляем как сумму длин каждого слоя провода по формуле (см. рис. 1)

$$L_{\Sigma \text{ пр. сл } i} = \sum_{i=1}^m L_{\text{пр. сл } i}.$$

Теперь необходимо найти массу и момент инерции провода. Массу провода в каждом слое определяем по формуле [3, стр. 48]

$$m_{\text{сл } i} = \pi d_{\text{сл } i} n m_{\text{пр. уд}},$$

где  $m_{\text{пр. уд}}$  — удельная масса провода, кг/м.

Общая масса провода, намотанная на барабан (от 1-го до  $m$ -го слоя), рассчитывается по формуле (см. рис. 2):

Масса провода в  $i$ -м слое, м

Момент инерции провода в  $i$ -м слое, м

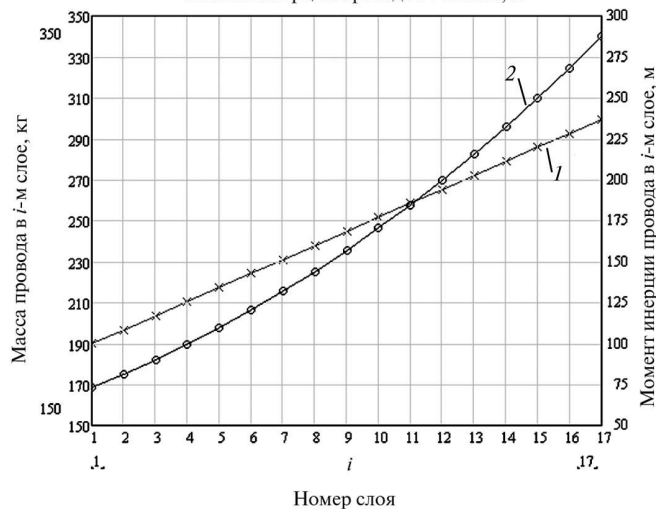


Рис. 2. Масса и момент инерции провода:

$$1 - m_{\text{сл } i}; 2 - J_{\text{сл } i}$$

$$m_{\Sigma \text{ сл } i} = \sum_{i=1}^m m_{\text{сл } i}.$$

При строительстве ЛЭП работают на двух площадках: натяжной и тормозной. Барабан с проводом АС монтируется на кабельном домкрате, который имеет тормозное устройство. Домкрат работает совместно с тормозной машиной на тормозной строительной площадке.

Момент инерции тормозного домкрата с проводом (рис. 4)

$$J_{\text{д. сл } i} = J_{\text{б. прод. оси}} + \sum_{i=1}^m J_{\text{сл } i},$$

где  $J_{\text{б. прод. оси}}$  — момент инерции барабана вдоль продольной оси вращения;  $\sum_{i=1}^m J_{\text{сл } i}$  — момент инерции суммы слоев провода АС на барабане, кг/м<sup>2</sup>.

Определим момент инерции тормозной машины:

$$J_{\text{Т.М}} = M_{\text{Т.М}} R_{\text{Т.М}},$$

где  $M_{\text{Т.М}}$  — масса тормозной машины (ее вращающихся барабанов),  $M_{\text{Т.М}} = 1$  т;  $R_{\text{Т.М}}$  — радиус барабанов тормозной машины,  $R_{\text{Т.М}} = 0,75$  м.

Момент инерции тормозной площадки (рис. 5) представим в виде суммы моментов инерции

для домкрата с проводом АС и барабанов тормозной машины

$$J_{т.п.i} = J_{д.сл.i} + J_{т.м.}$$

Сила торможения сухого тормоза кабельного домкрата определяется по уравнению

$$F_{кл.i} = \frac{M_{кр.гп}}{r_{сл.i}},$$

где  $M_{кр.гп}$  — крутящий момент домкрата (гидравлической подставки),  $M_{кр.гп} = 1\,800\text{ Н}\cdot\text{м}$ ;  $r_{сл.i}$  — радиус  $i$ -го слоя провода, намотанного на барабан.

Силу торможения тормозной машины (рис. 3) находим по формуле

$$F_{кл.i} + F_{т.м} = F_{н.м.},$$

где  $F_{н.м.}$  — усилие тяжения натяжной машины,  $F_{н.м.} = 20\text{ кН}$ .

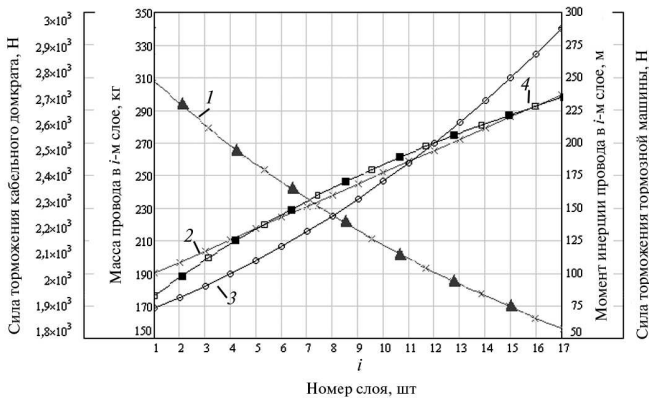


Рис. 3. Масса и момент инерции провода; сила торможения тормозного домкрата и тормозной машины:

$$1 - F_{кл.i}; 2 - m_{сл.i}; 3 - J_{сл.i}; 4 - F_{т.м.i}$$

Найдем момент торможения тормозной машины:

$$M_{кр.гп} = F_{т.м.i} R_{т.м.},$$

где  $R_{т.м.}$  — радиус тормозной машины,  $R_{т.м.} = 0,75\text{ м}$ .

Время смотки провода с барабана (рис. 6) определяем по формуле

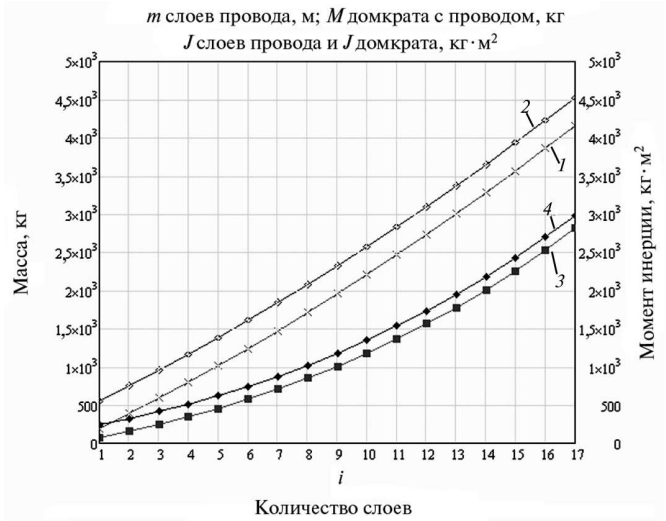


Рис. 4. Масса и момент инерции провода и домкрата с проводом:

$$1 - m_{\Sigma сл.i}; 2 - M_{д.сл.i}; 3 - J_{\Sigma сл.i}; 4 - J_{д.сл.i}$$

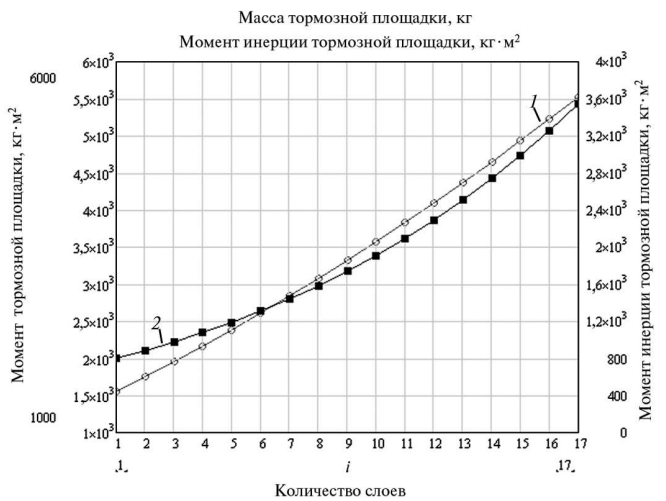


Рис. 5. Масса и момент инерции тормозной площадки:

$$1 - M_{m.i}; 2 - J_{m.i}$$

$$t_i = \frac{L_{пр. \Sigma сл.i}}{v},$$

где  $v$  — скорость разматывания провода с барабана,  $v = 5\text{ км/ч}$ .

## Выводы

1. Время переходного процесса (разгона или торможения) измеряется несколькими минутами (около 5 мин, или 3 000 с), при этом переходной процесс протекает при смотке провода

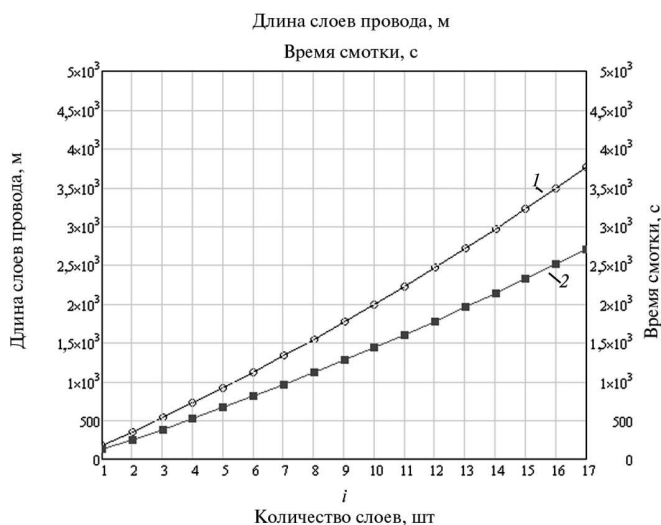


Рис. 6. Длина слоев провода на барабане и время их смотки с барабана:

$$1 - L_{пр.ссл} i; 2 - t_i$$

или кабеля в пределах длины одного слоя кабельного барабана.

2. Ускорение в переходных процессах разгона-торможения достигает  $4 \text{ м/с}^2$  при условии, что силы инерции не превысят  $600 \text{ Н}$ , т. е. 3% заданного номинального усилия тяжения. Это позволяет упростить динамическую модель гидравлического монтажного комплекса и не учитывать инерционные силы, вызванные ускорением в переходных процессах разгона и торможения, при расчете усилия тяжения в процессе работы комплекса.

Грубая настройка усилия тяжения может осуществляться регулировкой тормоза сухого трения кабельного домкрата. Точная регулировка должна производиться управлением гид-

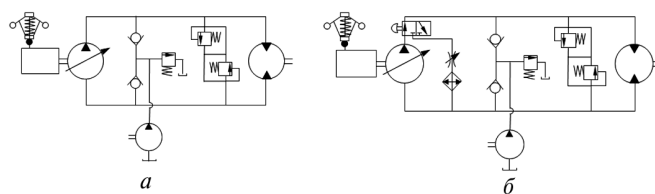


Рис. 7. Гидравлические схемы натяжной (а) и тормозной (б) машин

равлическим приводом тормозной машины, работающим в режиме торможения (гидромотор работает в режиме насоса) (рис. 7).

Большое изменение момента на кабельном тормозном домкрате и нестабильность характеристик тормоза сухого трения (из-за влияния на условия трения температуры, износа) делает целесообразным управление усилием тяжения на тормозной площадке путем введения в конструкцию гидропривода тормозной машины автоматической системы управления с обратной связью по усилию тяжения. При этом для каждого случая задается усилие тяжения, расхождение (ошибка) между заданным и фактическим усилиями тяжения служит управляющим сигналом для регулирования.

Усилие тяжения, создаваемое тормозной гидравлической машиной, измеряется гидравлическим датчиком давления в гидроприводе тормозной машины.

Автоматизированная система управления монтажным комплексом может быть реализована путем оснащения гидравлической натяжной машины, системой автоматизированного управления (рис. 8), с помощью которой задается и поддерживается номинальное усилие тя-

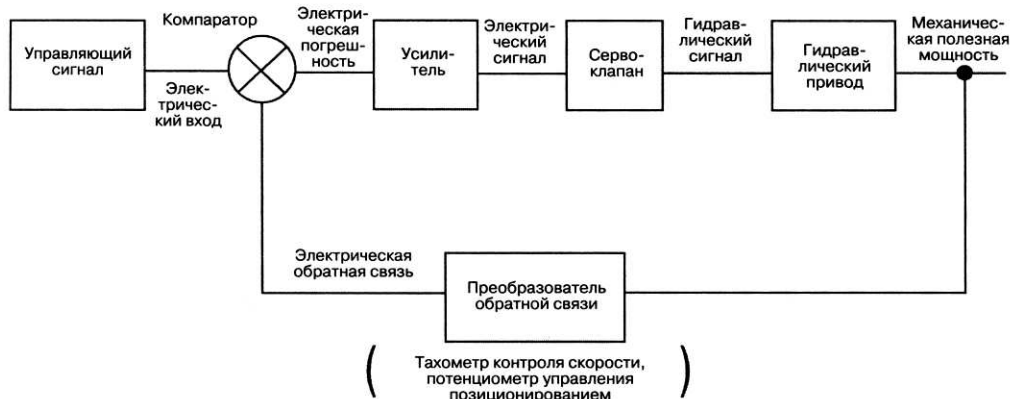


Рис. 8. Принципиальная схема автоматизированной системы натяжной и тормозной машин монтажного комплекса

жения и кабельного тормозного домкрата с гидравлической тормозной машиной должна быть оснащена такой же системой автоматизированного управления, поддерживающей усилие тяжения ниже номинального в пределах допустимой точности поддержания усилия тяжения.

Регулируемым параметром является давление в гидроприводе, соответствующее заданному усилию тяжения.

При настройке тормозной машины на усилие тяжения ниже номинального значения (3...5% номинального), поддерживаемого натяжной машиной, переходный процесс (разгон комплекса от 0 до скорости 5 км/ч) осуществляется в течение менее 1 мин (см. рис. 6).

#### Литература

1. ГОСТ 5151—79. Барабаны деревянные для электрических кабелей и проводов. Технические условия. Введ. 1991—01—03. М.: Стандартинформ, 2008. 17 с.

2. ГОСТ 839—80. Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи. Технические условия. Введ. 1981—01—01. М.: Изд-во стандартов, 2002. 22 с.

3. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике (для научных работников и инженеров). Определения, теоремы, формулы. СПб.: Издательство «Лань», 2003. 832 с.

#### References

1. *GOST 5151—79. Barabany dereviannye dlia elektricheskikh kabelei i pro-vodov. Tekhnicheskie usloviia. Vved. 1991—01—03* [State Standard 5151—79. Wooden drums for electric cables and wires Wire Specifications. Introduced. 1991—01—03]. Moscow, Standartinform publ., 2008. 17 p.

2. *GOST 839—80. Provoda neizolirovannye dlia vozdushnykh linii elek-troperedachi. Tekhnicheskie usloviia. Vved. 1981—01—01* [State Standard 839—80. Bare wires for air electric troperedachi. Specifications. Introduced. 1981—01—01]. Moscow, Standartinform publ., 2002. 22 p.

3. Korn G., Korn T. *Spravochnik po matematike (dlia nauchnykh rabotnikov i inzhenerov). Opredeleniia, teoremy, formuly* [Mathematical Handbook (for scientists and engineers). Definitions, theorems, formulas]. St. Petersburg.«Lan'» publ., 2003. 832 p.

Статья поступила в редакцию 06.12.2012

#### Информация об авторе

**КАРТОВЕНКО Алла Валерьевна** (Москва) — аспирант кафедры «Компьютерные системы автоматизации производства». МГТУ им. Н.Э. Баумана (Россия, 105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1, e-mail: challacha@mail.ru).

#### Information about the author

**KARTOVENKO Alla Valerievna** (Moscow) — Post-Graduate of «Automation of Manufacturing Processes» Department. MSTU named after N.E. Bauman (BMSTU, building 1, 2-nd Baumanskaya, 5, 105005, Moscow, Russia, e-mail: challacha@mail.ru).