

СЕКЦІЯ 8
ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ. ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ.
ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОБЛІКУ
ЕНЕРГОНОСІЇВ

UDC 621.311

MONITORING OF CABLE'S ADDITIONAL HEATING

Filyanin D., Kalinchyk V., Meita O., Pyriatynskyi V.

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

E-Mail: daniel_f@rambler.ru, ykalin@i.ua, meyta@meta.ua, vlad.2033.2034@gmail.com

In recent years, there has been a power consumption increase in large cities due to the intensive development of new neighborhoods and the widespread introduction of powerful electrical appliances. There is also a steady upward trend in non-linear load, largely due to the transition to energy-efficient light sources. The presence of nonlinear loads lead to voltage and current waveform distortion in distribution systems, that is, to the appearance of current and voltage harmonics [1, 2]. In this regard, urban cable networks operate at the limit of their capacity, which means operating with the maximum allowable core temperature limit. The problems of monitoring the temperature of cable insulation are an urgent problem in the electric power industry. One of the most promising areas of research is the development of methods for determining the residual lifetime of cable insulation, which can be calculated from monitoring temperature of insulation and other factors that significantly affect the insulation material.

Any rise of cable insulation temperature leads to boosting of stuff destruction, determined by the Arrhenius law, and, as a consequence, to reduce the cable lifetime. Therefore, monitoring the cable insulation temperature will allow to calculate its residual lifetime.

The heat balance equation for a cable line in the general case:

$$P_C \cdot S = T_C - T_A,$$

where P_C – cable core heat flux (power dissipation), W ; S – the thermal resistance of the cable construction elements and the environment, $^{\circ}C/W$; T_C – core temperature, $^{\circ}C$; T_A – ambient temperature, $^{\circ}C$.

In case the presence of harmonics, the heat balance equation takes the form:

$$(P_{C1} + P_{Ch}) \cdot S = T_{C1} + \Delta T_{Ch} - T_A,$$

where P_{C1} – cable core heat flux (power dissipation) producing by the main harmonic current, W ; P_{Ch} – cable core heat flux (power dissipation) generating by high harmonics currents, W ; T_{C1} – cable core temperature generating by the main harmonic current, $^{\circ}C$; ΔT_{Ch} – increment of cable core temperature due to the action of high

harmonics currents, °C; S – the thermal resistance of the cable construction elements and the environment, °C/W; T_A – ambient temperature, °C.

After load turning on, the cable core temperature rises for a long time. The law of variation of conductor temperature:

$$\theta = \theta_{SS} \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\beta}}),$$

where θ – the current temperature difference of the cable core relative to the ambient temperature, °C; t – cable operating time under load, s; θ_{SS} – the steady-state temperature difference of the cable core at $t = \infty$, °C; β – heating time constant: the time during which the cable heats up to 2/3 of the maximum operating temperature, if there is no heat removal to the environment (does not depend on time).

After some mathematical modifications the curve of the additional temperature increment of the cable core generated by high harmonics currents is described by the following expression:

$$\Delta T_h = P_{Ch} \cdot S \cdot (1 - e^{-\frac{t_h}{\beta}}),$$

where t_h – operating time of the cable at the influence of high harmonics currents, °C; P_{Ch} – cable core heat flux (power dissipation) generating by high harmonics currents, W; S – the thermal resistance of the cable construction elements and the environment, °C/W.

Or through the energy of the harmonic components consumed by the cable:

$$\Delta T_h = W_{Ch} \cdot S \cdot (1 - e^{-\frac{t_h}{\beta}}) \cdot \frac{1}{t_h},$$

where $W_{Ch} = t_h \cdot P_{Ch}$.

The increment of the cable line temperature caused the influence of harmonics is a function of the consumed power of the harmonic components and the time the cable line was under the influence of nonlinear loads:

$$\Delta T_h = f(W_{Ch}, t_h).$$

Since the value of the reporting period is invariable, the temperature increment of the cable line is directly proportional to the energy of the harmonic components consumed by the cable line:

$$\Delta T_h = f(W_h).$$

With a known insulation lifetime τ_1 at temperature T_1 , it is possible to determine its lifetime τ_2 at temperature T_2 :

$$\tau_2 = T_1 \cdot e^{-B \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)}.$$

CONCLUSIONS

- cable line temperature increment is directly proportional to the harmonic component energy consumed by the cable line;

- the use of distributed measurements allows to control the additional heating of the cable line and, at a minimum, to correct the life of the cable and plan scheduled maintenance for its replacement.

Keywords: lifetime of cable insulation, insulation aging, predictive protection, heat balance equation.

References

- [1] A. V. Voloshko, D. V. Filyanin. “Detection and localization of power quality disturbances based on Fast Fourier Transform and Discrete Fourier Transform”, *POWER ENGINEERING: Economics, Technique, Ecology*, № 3, pp. 87–94, 2017.
- [2] D. Filyanin. “Detection and localization of power quality disturbances based on Fast Fourier Transform and Discrete Fourier Transform”, *POWER ENGINEERING: Economics, Technique, Ecology*, № 2, pp. 110–119, 2018.

УДК 621.311.001.57(063)

МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ З ВЕНТИЛЬНИМ ДВИГУНОМ

Закладний О. О.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

E-mail: zakladniy@gmail.com

Дослідимо дві комп'ютерні моделі системи автоматичного керування (САК) вентилями двигуном (ВД), що побудовані у програмному застосунку MATLAB.

Керування ВД у першій запропонованій моделі засноване на принципі підлеглого регулювання. Однократно інтегруюча САК ВД має у своєму складі контури струму та швидкості. Кожен із зазначених контурів має свій регулятор (струму – пропорційно-інтегральний закон регулювання, швидкості – пропорційний) і негативний зв'язок за контрольованою змінною. Сигнал поступає на вхід системи із задатчика інтенсивності. На рис.1 наведено графіки зміни заданої та дійсної швидкостей, моменту обертання ВД: а) $\beta = 0^\circ$ при $M_C = 0$, б) $\beta = 30^\circ$ при $M_C = 0,5 M_H$, в) $\beta = 60^\circ$ при $M_C = M_H$ и $U_3 = 30\%$; г) $\beta = 60^\circ$ при $M_C = M_H$ и $U_3 = 50\%$, отримані за результатами комп'ютерного моделювання.

Результати симуляції роботи ВД у середовищі MATLAB показали достатню точність порівняно з даними, отриманими під час експериментального дослідження на лабораторному стенді. Дана модель з високою збіжністю відтворює електромеханічні перетворення енергії та електромагнітні процеси.

У другій комп'ютерній моделі застосовується ПІ-регулятор з нечіткою логікою (рис. 2). Параметри віртуальної моделі ВД наступні: напруга живлення 500 В, потужність 1 кВт, частотою обертання 3000 об/хв. Електричне живлення двигуна здійснюється за допомогою шестирівневого перетворювача напруги.

Відкривання діодів відбувається за командою, яка надходить у вигляді сигналів ефекту Холла, з датчиків положення ротору електродвигуна.