

**ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНО-ДІАГНОСТИЧНИХ ЗАСОБІВ  
УПРАВЛІННЯ ТА ЗАХИСТУ МЕДИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ**

*Анотація: в роботі розглянуті перспективи розвитку інформаційно-діагностичних засобів управління та захисту медичного обладнання. Розглянуті питання розробки інформаційно-діагностичних методів управління і захисту блоків медичного обладнання. Наведена математична модель попередження збитків*

*Ключові слова: медичне обладнання, болтове з'єднання, попередження збитків, мережі живлення*

V.YE. KRIVONOSOV, E.L. PIROTTI, A.YU. AZARHOV, L.G. KOVAL, M.V. PALAMARCHUK  
Vinnytsia National Technical University

**PERSPECTIVES FOR DEVELOPMENT OF INFORMATIONAL AND DIAGNOSTIC MEANS OF MANAGEMENT  
AND PROTECTION OF MEDICAL EQUIPMENT**

*Abstract: prospects of development of information-diagnostic means of management and protection of medical equipment are considered in this work. The issues of development of information-diagnostic methods of management and protection of blocks of medical equipment are considered. The mathematical model of damage prevention is presented. Modern diagnostic and therapeutic medical equipment (MO) are complex technical devices that contain electrical elements, mechanical units, electronic and microprocessor blocks, operating on low voltage and high voltage voltages, with a power of 30 kW and above. IO is installed, as a rule, in enclosed areas receiving power supply on separate lines and have independent nodes of relay protection of uninterruptible power supply units. The practice of using imported IM shows that it is very sensitive to the quality of electricity of Ukrainian 2-and 3-phase networks. The quality of electricity (PAYE) is not taken into account in the process of operating the medical equipment, although it is in the delivery of the MI. This results in operational failures and malfunctions caused by unpredictable changes in the network supply voltage parameters. Exit PYAE beyond the norm, established GOST. 13109-97 leads to the complication of finding and troubleshooting the malfunction and its elimination, as well as - to increase financial and time costs. To select and evaluate the effectiveness of the multi-level diagnostic management and protection system of the MO, the authors proposed a multi-level criterial assessment of the choice of the system of protection, in which the main criterion is the mathematical expectation of the set, which consists of the cost of the warnings.*

*Keywords: medical equipment, bolted connection, loss prevention, power supply*

Сучасне діагностичне та терапевтичне медичне обладнання (МО) є складними технічними пристроями, що містять електричні елементи, механічні вузли, електронні та мікропроцесорні блоки, що працюють на низьковольтній і високовольтній напрузі, мають потужність від 30 кВт і вище. Встановлюється МО, як правило, в закритих приміщеннях, що отримують електроживлення по окремих лініях і мають самостійні вузли релейного захисту блоків безперебійного живлення. Практика експлуатації імпортного МО показує, що воно дуже чутливе до якості електроенергії українських 2-х і 3-х фазних мереж. Показник якості електроенергії (ПЯЕ) не враховується в процесі експлуатації медичного обладнання, хоча в умовах поставки МО він є. Це призводить до виникнення експлуатаційних відмов і несправностей, обумовлених непрогнозованими змінами параметрів мережевої напруги живлення. Вихід ПЯЕ за межі норми, встановленої ГОСТ. 13109-97 призводить до ускладнення пошуку та діагностики несправності і її усунення, а також – до збільшення фінансових і часових витрат.

Проведений нами і підтверджений колегами в Україні і за кордоном аналіз виникнення аварійних ситуацій і причин виходу МО з ладу, дозволяє розділити їх на [1]:

- внутрішні пошкодження, які викликані поломкою блоків МО.
- зовнішні пошкодження у вигляді поломок і збоїв в системі електропостачання;
- пошкодження, що виникають всередині МО через відхилення параметрів в системі електропостачання від значень, нормованих по ГОСТ 13109-97.

В теперішній час недостатньо вивчені питання розробки інформаційно-діагностичних методів управління і захисту блоку МО+ система електроживлення. Одним із вдалих прикладів розробки подібного обладнання може слугувати багаторівнева діагностична система управління і захисту МО новизна якої полягає в тому, що блок «МО + мережа живлення» розглядається як єдиний комплекс, який передбачає таку послідовність роботи рівнів захисту:

1. Лікар або оператор дає команду на вхід системи управління МО.
2. Система управління МО перевіряє наявність або відсутність блокування перед підключенням МО до мережі живлення.
3. При відсутності блокування сигнал з командного блоку «Пуск» – «Стоп» подається на вхід мікроконтролера.
4. Мікроконтролер дає команду на включення першого ступеня захисту.

5. Функції першого ступеня захисту: вимірюють рівні лінійних напруг мережі живлення і визначають наявність неповнофазного режиму напруги в мережі. Відсутність аварійних режимів в мережі живлення формує сигнал, який надходить на вхід мікроконтролера.

6. У процесі роботи МО здійснюється моніторинг зміни фронту першої гармонійної складової лінійних напруг мережі і діагностика провалу або неповнофазного режиму в мережі живлення.

7. При нормальному режимі роботи мережі живлення мікроконтролер дає команду на включення в роботу МО, ТТР і другого ступеня захисту. При цьому МО включений в режимі прогріву.

8. Функції другого ступеня – вимір фазних струмів, за величинами яких визначають цілісність струмових ліній.

9. Паралельно МО включають БК – батареї конденсаторів для компенсації реактивної потужності.

10. Здійснюють безперервний моніторинг лінійних напруг коли діагностують провал напруги в одній з лінійних напруг, твердотільні реле (ТТР) розмикають струмовий ланцюг в момент, коли значення фазного струму дорівнює нулю, а енергія, яка закумульована в БК, використовується для плавного зниження рівня напруги на клеммах МО.

11. При досягненні МО встановленого режиму, який визначається для різних вузлів електропостачання величиною постійною нагріву, включається третій ступінь – температурний захист і діагностування причин теплових перевантажень. Функція перетворення засобу для виміру допустимої товщини пилю на поверхні ізоляції, та струмового перевантаження має вигляд;

$$H_{\text{дон}} = f(t_{\text{дам1}}, t_{\text{дам2}} \cdot t_{\text{кр}})$$

12. У сталому тепловому режимі проводиться: діагностування і прогнозування початкового моменту ослаблення болтового з'єднання функція перетворення якого має вигляд  $t_{\text{бз}} = f(t_{\text{ов.ср.}}, I_{\text{наг.}}, t_{\text{ср.б.з.}})$ ; визначення часу досягнення температурою болтового з'єднання критичного значення функція перетворення засобу визначення терміну розвитку аварійної ситуації, який має вигляд:  $t_{\text{бс}} = f(t_{\text{ов.}}, I_{\text{наг.}}, \tau_{\text{б.с.}})$  – це четвертий рівень захисту.

13. За командою «Стоп» мікроконтролер включає п'ятий рівень захисту – контроль величини об'ємного опору ізоляції та визначення виду і товщини пилового покриття поверхні ізоляції. Функція перетворення засобу моделювання розпізнання виду дефекта аварійної ситуації двоступенчата і має вигляд;

Перша ступінь –  $R_{\text{уз.дон}} = f_1(R_i, G_i, R_{\text{дон}}, G_{\text{дон}})$ , в якому визначається природне старіння ізоляції, її зволоження і покриття поверхні ізоляції провідним пилом.

$$\text{Друга ступінь} - R_{\text{уз.дон}} = f_2(f_1, \frac{dG}{dt_i}, \frac{dG}{dt} \text{дон}),$$

дія якого починається після завершення дії першого і закінчується моментом визначення покриття ізоляції непровідним пилом.

14. При досягненні контрольованими параметрами критичних значень включається команда «Блокування». Зняття блокування можливе після усунення причин, що призвели до аварійного режиму.

Для вибору і оцінки ефективності роботи багаторівневої діагностичної системи управління і захисту МО авторами запропонована багаторівнева критеріальна оцінка вибору системи захисту, в якій основним критерієм пропонується математичне очікування множини, яка складається із вартості попереджених збитків  $Y = f(y_i)$ ,

Математична модель попереджених збитків  $Y$  має вигляд:

$$Y = \sum_{i=0}^n C_i^n \cap D_i^m \cap B_i^k$$

де – множина  $D$  – фактори впливу на МО, множина  $B$  – засоби та елементи системи захисту.

### Література

1. В. Є. Кривоносов Комплексная защита компьютерных рентгеновских томографов от нестабильности и провалов питающего напряжения / В. Є. Кривоносов, С. М. Злепко, С. В. Павлов, О. Ю. Азархов, Д. М. Барановський // Вісник ХНУ, №5, 2017, с. 192-202

### References

1. V. E. Krivonosov Kompleksnaya zaschita kompyuternyih rentgenovskih tomografov ot nestabilnosti i provalov pitayuschego napryazheniya / V. E. Krivonosov, S. M. Zlepko, S. V. Pavlov, O. Yu. Azarhov, D. M. Baranovsky // Visnik HNU, №5, 2017, s. 192-202