ISSN 1993-9981 Методи та прилади контролю якості, № 19, 2007

УДК 621.317.791

АНАЛІЗ НАДІЙНОСТІ РЕМОНТОПРИДАТНОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ БУРОВИХ УСТАНОВОК

М.Й.Федорів, І.В.Гладь, У.М.Маскевич

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019, тел. (8-03422) 480-03, e-mail: epeo @ ifdtung.if.ua

Сформулированы задачи анализа надежности электрооборудования системы электроснабжения с учетом особенностей схем питания буровых установок. Приведен анализ ремонтопригодного электробурового оборудования. Определено, что механизм формирования отказов электрооборудования подчиняется закону распределения Вейбулла-Гнеденко. Рассчитаны единичные показатели надежности ремонтопригодного оборудования системы электроснабжения электробура, определенно среднее время наработки на отказ этого оборудования.

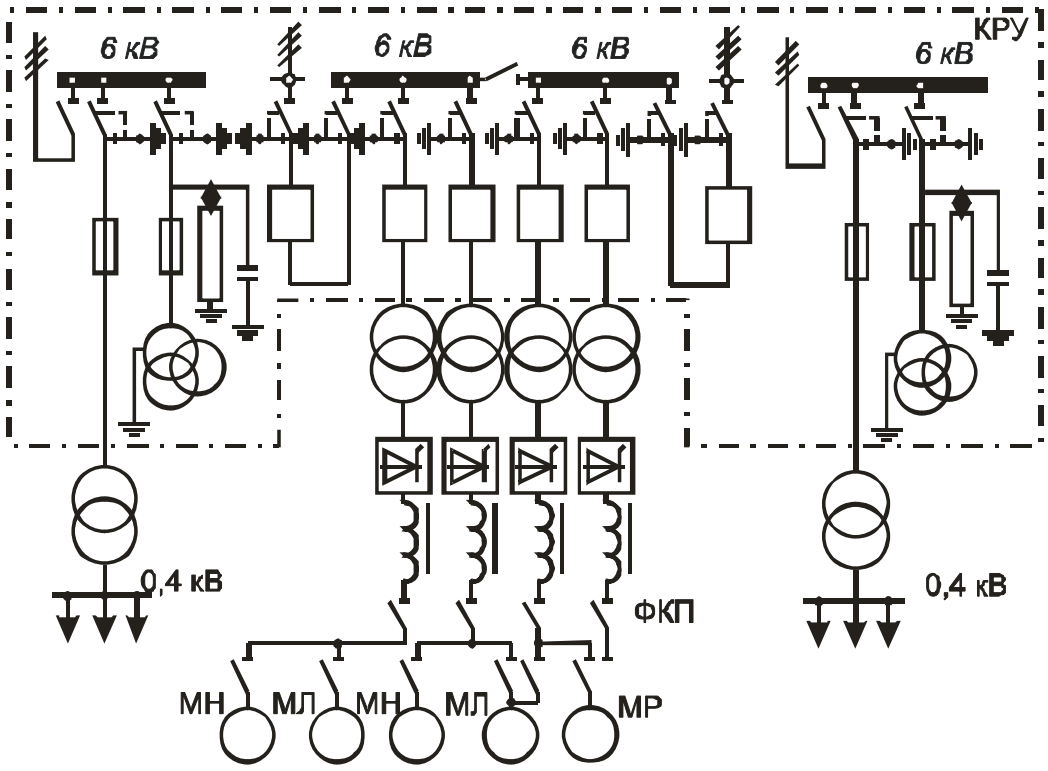
It is formulated reliability analysis aims of power system equipment taking into account features of drilling rig feed network. Analysis of maintainable electric drilling equipment is carried out. It is defined that failure forming mechanism is obeyed the Weibull – Gnedenko distributive law. Reliability indices of maintainable power supply electric drilling equipment are calculated. Also it is estimated mean-time-between failures for these equipment.

Системи електропостачання в цілому і бурових установок (БУ) зокрема відносяться до класу складних технічних систем і визначаються великою кількістю параметрів, з яких до числа найбільш важливих відноситься надійність технічної системи. Надійна робота обладнання системи електропостачання є необхідною умовою забезпечення якісної та стійкої роботи БУ. Специфіка цього обладнання пов'язана з тяжкими умовами експлуатації, обумовленими факторами довкілля, наявністю агресивних середовищ, можливістю утворення вибухонебезпечних сумішей. Також суттєвий вплив спричиняють нестабільність навантаження, концентрація великих потужностей, наявність великої кількості елементів, параметри яких постійно змінюються в часі, коливання напруги при запуску потужних агрегатів. При цьому змінюються властивості матеріалів електроустановок, що спричиняє появу коротких замикань, які викликають вимкнення електроустановок, тобто перерви в електропостачанні. Перерви в електропостачанні призводять до простою обладнання, зниження об'єму вихідної продукції тощо. Крім цього, за останні декілька десятиліть спостерігається ускладнення структури та функцій електричних систем. При проектуванні схем електроенергетичних систем широко застосовуються пристрої системної автоматики та високотехнологічне обладнання. Всі ці фактори пояснюють необхідність визначення здатності системи електропостачання забезпечувати безперебійну подачу електроенергії та важливість аналізу надійності електрообладнання.

У вирішенні проблем надійності велике значення приділяється саме задачам аналізу надійності, оскільки вони безпосередньо спрямовані на вироблення рішень по забезпеченню надійності, які приймаються на різних рівнях ієрархії керування спеціалізованими системами електропостачання [1]. В сучасній комплексній класифікації задач аналізу і синтезу, поданій в роботі [1], задачі аналізу надійності виділяються як первинні і зводяться до визначення показників надійності функціонування електричних систем і надійності обладнання і до визначення показників надійності живлення споживачів. В результаті аналізу надійності отримують величини відносної вагомості впливу різноманітних елементів системи на повну чи часткову перерву у електропостачанні, а також розробляються рекомендації по підвищенню надійності системи електропостачання з точки

зору оптимізації і планування технічного обслуговування обладнання.

Для здійснення аналізу надійності потрібно враховувати структурні та функціональні особливості систем електропостачання БУ. При виборі схеми електропостачання БУ слід враховувати вид привода основних механізмів, рівень напруги живлення, склад і схему під'єднання електроприводів, умови експлуатації, циклічність навантаження та інші фактори. Але, незважаючи на це, кількість структурних схем БУ обмежується типовими схемами (ел. привід пост. струму з силовими тиристорними перетворювачами; ел. привід зм. струму; ел. привід зм. струму з перетворювачами частоти). В залежності від вибраної схеми ел. приводу буде відповідна схема електропостачання, будуть змінюватись кількість і вид електрообладнання. Для зовнішнього електропостачання БУ використовують повітряні лінії електропередавання напругою 110, 35, 10 кВ і понижуючі трансформаторні підстанції з вторинною напругою 6 кВ. Для розподілу напруги використовують уніфіковані розподільчі пристрої з шинами високої напруги 6 кВ. Схема розподілу електроенергії визначається кількістю виконавчих механізмів і числом приводних двигунів, видом струму і напругою головних та допоміжних споживачів [2]. Основні варіанти розподілу електроенергії на БУ з живленням від мереж енергосистем представлені на рис. 1 та рис.2.



ФКП – фільтрокомпенсуючий пристрій; МН, МЛ, МР – електродвигуна відповідно бурового насоса, лебідки, ротора; КРУ – комплектний розподільчий пристій

Рисунок 1 – Варіант електропостачання електроприводів основних механізмів бурової установки із живленням асинхронного електродвигуна бурової лебідки напругою 6 кВ

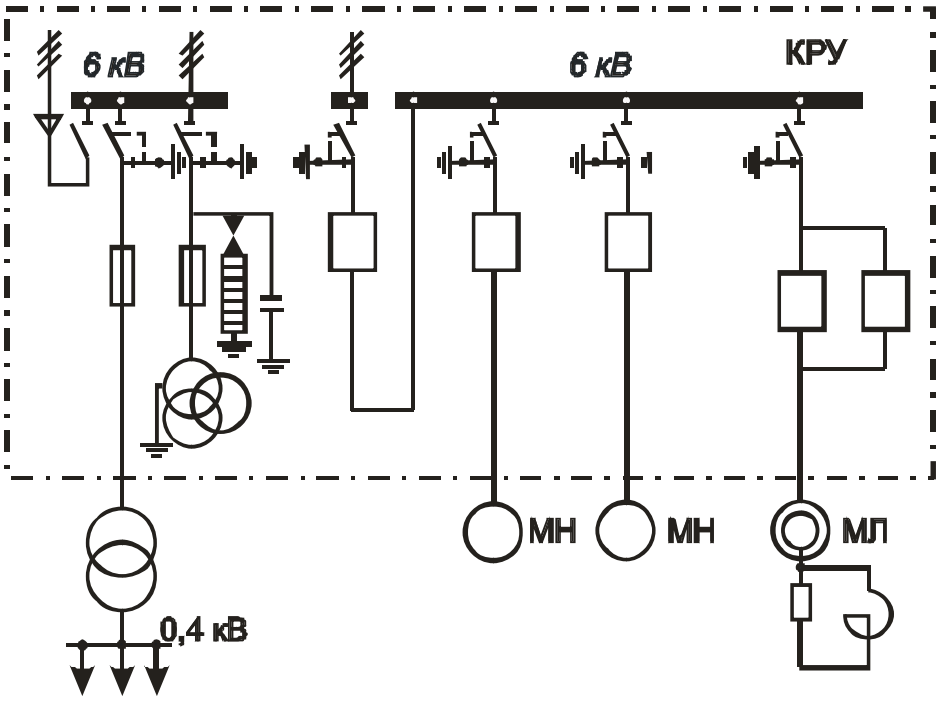


Рисунок 2 – Варіант електропостачання електроприводів основних механізмів бурової установки із живленням асинхронного електродвигуна від індивідуальних трансформаторів

Авторами було проведено аналіз ремонтопридатного електрообладнання на прикладі системи електропостачання електробура, який широко використовується на бурових підприємствах Прикарпаття. Показники роботи електробурового обладнання наведені у табл. 1 .

Таблиця 1 – Показники роботи електробурової техніки на Прикарпатті

Показник	Рік				
	2000	2001	2002	2003	2004
Всього пробурено, м:	21236	22420	25362	20560	21590
Долинським УБР	15597	–	15618	–	11671
електробуром Э240	10507	16283	–	14015	–
електробуром Э215	1951	693	–	980	–
електробуром Э164	7765	56452	–	4820	–
Кількість:					
пробурених свердловин	17	19	15	14	16
електробурів	74	81	79	84	72
рейсів	298	286	253	283	223
телеметричних систем	27	29	25	24	28
струмоприймачів	23	22	34	24	25
ПКІ	35	48	60	41	39
пошкоджень підстанцій	475	413	688	483	498
замінених кабельних секцій	600	496	782	548	575
Загальний час роботи ЕЛБ, год.	16230	17562	16952	12357	12365
Одночасно працюючі електробури	8	7	9	8	7

Система електропостачання електробура включає в себе лінію електропередавання, силовий трансформатор, високовольтний розподільчих пристій, станцію керування та захисту електробура, струмоприймач, кабельні секції, пристрій контролю ізоляції, телеметричну систему і занурюваний електродвигун. З точки зору надійності утворюється послідовне з'єднання елементів, оскільки відмова одного з них спричиняє відмову системи в цілому. Також більшість цих елементів є відновлюваними, тобто ремонтопридатними. Ці фактори обумовлюють необхідні для аналізу таких показників надійності [3]:

– імовірність відновлення працездатності $S(t)$,
– імовірність невідновлення працездатності $G(t)$,
– частота відновлень $a_B(t)$,
– інтенсивність відновлення $\mu(t)$,
– середній час напрацювання на відмову T.

Оскільки процес виникнення відмов в системі електропостачання носить випадковий характер і залежить від багатьох факторів, то для опису розподілу випадкової величини часу роботи до відмови використовується ряд законів – експоненціальний, Вейбулла, Релея та ряд інших [6].

Так як система електропостачання БУ складається з великої кількості елементів, вихід з ладу яких обумовлюється миттєвими та поступовими відмовами, які чергуються, то функція розподілу випадкових величин визначається за законом Вейбулла – Гнеденко [5].

Частота відновлень визначається за наступною функцією:

$$a_B(t) = \frac{b}{\alpha} \cdot t^{b-1} \cdot \exp(-t^b \cdot \alpha^{-1}), \qquad (1)$$

де α і b – постійні розподілу, параметр масштабу і параметр форми розподілу відповідно.

Імовірність невідновлення працездатності такою залежністю:

$$G(t) = \exp(-t^b \cdot \alpha^{-1}). \qquad (2)$$

Імовірність відновлення працездатності, інтенсивність відновлення, середній час напрацювання на відмову відповідно таким чином:

$$S(t) = 1 - \exp(-t^b \cdot a^{-1}); \qquad (3)$$

$$\lambda(t) = b \cdot a^{-1} \cdot t^{b-1}; \qquad (4)$$

$$T = a^{b^{-1}} \cdot \Gamma(b^{-1} + 1), \qquad (5)$$

де $\Gamma(b^{-1}+1)$ – табульована гама - функція.

Розрахунок надійності електропостачання електробурів базується на відомостях про параметри розподілу Вейбулла – Гнеденко *a* і *b*, які отримані на основі статистичних даних [4, 7] при типових для Прикарпаття умов експлуатації.

Таблиця 2 – Параметри розподілу Вейбулла – Гнеденко для електробурового обладнання

№	Назва елементу	Параметр *a*	Параметр *b*
1	Повітряна ЛЕП (ПЛ)	18643,5	1,12
2	Знижувальний трансформатор (ТР)	19729,2	1,33
3	Станція керування (СК)	1039,3	1,17
4	Струмоприймач (СПр)	263,5	1,05
5	Пристрій контролю ізоляції (ПКІ)	168,7	1,35
6	Телеметрична система (ТС)	115,0	1,25
7	Електробур (ЕБ)	132,06	1,55
8	Кабельні секції (КС)	151,8	1,72

Знаючи значення параметрів закону розподілу, знайдемо кількісні показники надійності електрообладнання системи електропостачання електробура за виразами (1) – (4). Результати розрахунку приведені у вигляді графіків на рис. 3 – рис. 6.

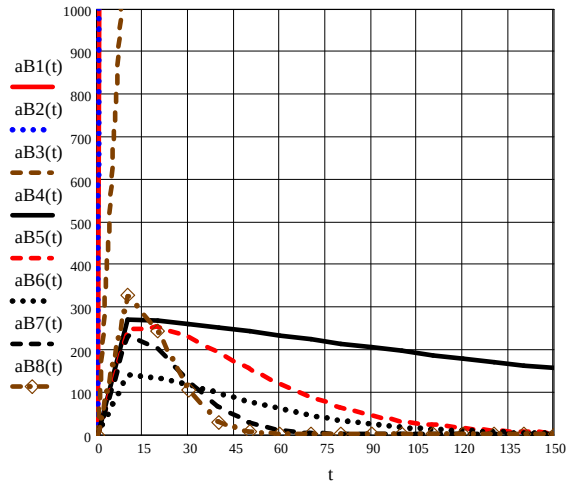


Рисунок 3 – Залежності частоти відновлення електробурового обладнання

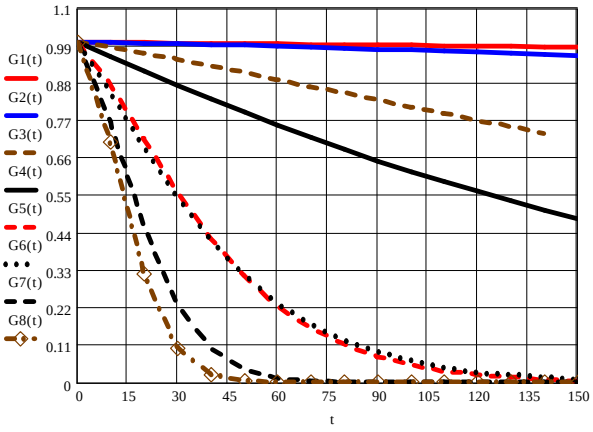


Рисунок 4 – Залежності імовірностей невідновлення працездатності електробурового обладнання

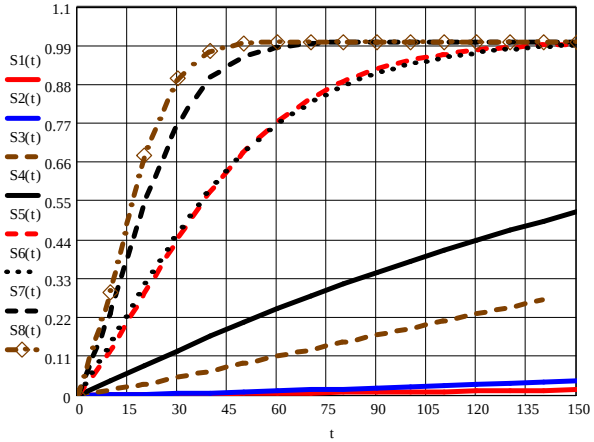


Рисунок 5 – Залежності імовірностей відновлення працездатності електробурового обладнання

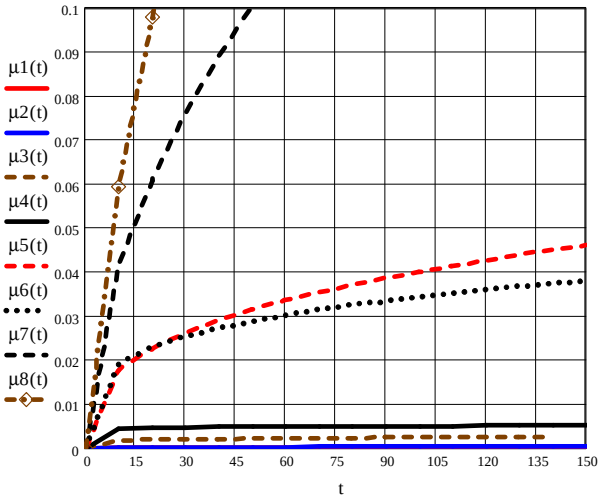


Рисунок 6 – Залежності інтенсивностей відновлення електробурового обладнання

Як видно з отриманих залежностей найменш надійними елементами системи електропостачання електробура є кабельні секції та електродвигун.

Важливим показником є середній час напрацювання на відмову. Здійснюємо розрахунок даного параметру за виразом (5), а результати розрахунку представимо у вигляді гістограм (рис.7 та рис.8).

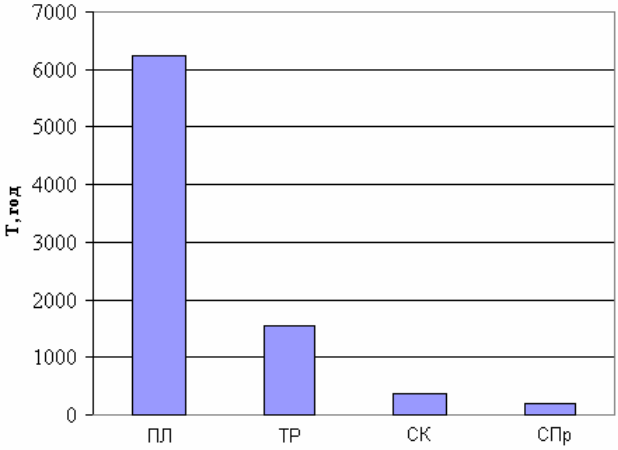


Рисунок 7 – Середній час напрацювання на відмову повітряних ЛЕП (ПЛ), бурового трансформатора (ТР), станції керування (СК), струмоприймача (СПр)

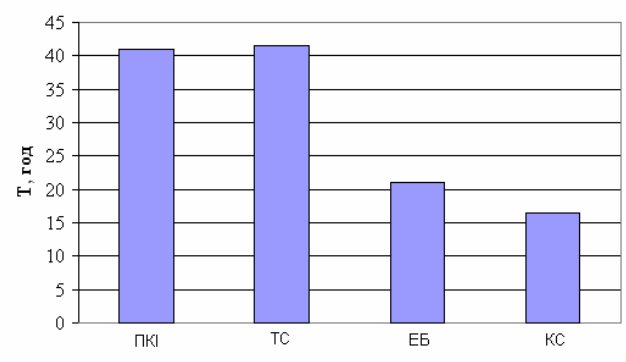


Рисунок 8 – Середній час напрацювання на відмову пристрою контролю ізоляції (ПКІ), телеметричної системи (ТС), електробура (ЕБ), кабельних секцій (КС)

Аналізуючи отримані гістограми середнього часу напрацювання на відмову елементів системи електропостачання електробура, бачимо, що найменші значення властиві кабельним секціям та електробурам. Це означає, що потрібно мати достатню кількість резервних елементів, щоб забезпечити оперативну заміну безпосередньо на бурових установках.

Таким чином приведений вище аналіз надійності систем електропостачання бурових установок дозволяє зробити такі висновки:

1) механізм формування відмов основного ремонтопридатного електробурового обладнання найбільш точно описується законом Вейбула – Гнеденко, що свідчить про наявність миттєвих та поступових відмов;

2) виявлено найменш надійні елементи системи електропостачання електробура;

3) перспективою подальших досліджень є детальний аналіз надійності ремонтопридатного електрообладнання системи електропостачання БУ за комплексними показниками.

Література

1. Манов Н.А. Классификация задач анализа и синтеза надежности электроэнергетических систем. – Сыктывкар, 2002. – 40 с.

2. Меньшов Б.Г., Ершов М.С., Яризов А.Д. Электротехнические установки и комплексы в нефтегазовой промышленности: Учеб.для вузов.– М., ОАО «Издательство «Недра», 2000. – 487с.

3. Анищенко В.А. Надежность систем электроснабжения: Учеб. Пособие. – Минск: УП "Технопринт", 2001. – 160 с.

4. Федорив М. И. Разработка методов расчета и прогнозирования надежности электроснабжения электробуров: Автореф. дис. … канд. техн. наук. – М.: 1989.

5. Зорин В.В., Тисленко В.В., Клеппель Ф., Адлер Г. Надежность систем электроснабжения. –К.: "Вища школа", 1984 –- 192 с.

6. Коняхин И.А. Метоыі и средства статического моделирования ОЭС (анализ надежности): Учеб. пособие.– Санкт – Петербург, 2005 –-50с.

7. Гладь І.В. Забезпечення надійності електробурового обладнання при бурінні свердловин: Автореф. дис. … канд. техн. наук. – Івано-Франківськ: 2005.