

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАХИСТУ ДВИГУНІВ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі проаналізовано пошкоджуваність, мікропроцесорний та релейний захист потужних, високовольтних електричних двигунів живильних електричних насосів теплових та атомних електричних станцій. Також приділена увага терміналу захисту електродвигунів REM 630.

Ключові слова: електричний двигун, пошкодження електричних двигунів живильних насосів, термінал REM 630.

Abstract

The paper analyzes the damage, microprocessor and relay protection of powerful, high-voltage electric motors of feed electric pumps of thermal and nuclear power plants. Attention is also given to the motor protection terminal REM 630.

Keywords: electric motor, damage to electric motors of feed pumps, terminal REM 630.

Вступ

Ознакою сьогодення є широке використання електроенергії, як на підприємствах, так і в побуті [1]. Електроенергія виробляється на електричних станціях (ЕС) серед яких потужні атомні та теплові електростанції [6]. Від надійності роботи електростанцій залежить і надійність всієї електроенергетичної системи (ЕЕС) [3, 5]. Електрична станція це складний об'єкт на якому зосереджена велика кількість різного електричного обладнання, серед якого і потужні електричні двигуни (ЕД) власних потреб (ВП) ЕС. До таких ЕД відносяться і ЕД живильних електронасосів (ЖЕН). [].

Живильні насоси (ЖН) призначені для подачі живильної води в котли теплових електростанцій з енергетичними блоками потужністю від 250 МВт до 1200 МВт. Живильні насоси входять до складу турбонасосних і електронасосних агрегатів.

Розглянемо ЖЕН на прикладі блоку 300 МВт теплової електричної станції (ТЕС). Ці насоси встановлюються у машинному залі ЕС. Використання електродвигунів АВ-8000 / 6000У3 в якості приводу пускорезервних живильних пристроїв котельних агрегатів блоків 300 МВт висуває певні вимоги до надійності їх роботи.

Компонування ЖН енергоблоку 300 МВт поєднує установку насоса з електричним приводом (ПЕН) і живильного турбонасоса (ЖТН). ЖЕН (потужність 12 МВт) використовується під час пускових режимів енергоблоку, а також в якості резервного приводу при відмовах ЖТН.

ЖТН за своєю потужністю забезпечує номінальну паропроодуктивність котельного агрегату, проте за умовами технологічної схеми енергоблок не може бути пущений за допомогою ЖТН. Основним призначенням ЖЕН є пуск і забезпечення блоку під час навантаження нижче номінального, тому потужність ЖЕН нижча за потужність ЖТН і становить 8 МВт.

Як показує аналіз роботи 8 електродвигунів (ЕД) протягом 13 років, найбільше напрацювання (тривалість роботи) мають електродвигуни в перший рік експлуатації через часті пуски і зупинки енергоблоку для їх налагодження, регулювання, усунення дефектів і т. п. В міру освоєння нового обладнання під час експлуатації нового блоку тривалість роботи ЖЕН на кожній ТЕС поступово зменшується і, починаючи приблизно з 6-го року, встановлюється, в середньому, на рівні 404 години за рік. Коефіцієнт використання ЖЕН зменшується порівняно з першим роком експлуатації від 16,2 до 4,6% [3].

Незважаючи на незначне середньорічне напрацювання електродвигуна ЖЕН, до них висуваються дуже високі вимоги до надійності [3].

Досвід експлуатації електродвигуна АВ-8000 / 6000УЗ [2, 3] свідчить про його порівняно низьку експлуатаційну надійність. За статистичними даними середнє значення параметра потоку відмов становить 0,102 (1/ рік), тобто з кожних 100 встановлених електродвигунів за рік пошкоджується більше десяти.

Значна кількість аварійних пошкоджень пов'язана з порушенням герметичності систем водяного охолодження ротора і статора та з зволоженням і пробоем ізоляції обмотки статора, з пошкодженнями кріплення обмотки статора, її лобових частин і т. п.

Отже, враховуючи велику вартість та відповідальність ЖЕН, потрібно використовувати сучасні засоби діагностування [6], моніторингу та релейного захисту [8, 9], здатні виявляти пошкодження на ранній стадії їх розвитку, попереджати персонал ЕС про можливе виникнення аварії та відключати пошкоджений ЖЕН [2].

Метою роботи є дослідження релейного захисту ЖЕН АЕС та ТЕС.

Результати дослідження

Для релейного захисту і управління електродвигунів 6 кВ застосовують, як правило, типові схеми релейного захисту, побудова яких залежить в першу чергу від потужності двигуна. Схеми РЗ і керування АД реалізуються за допомогою серійно випущених електромеханічних, напівпровідникових реле та мікропроцесорних терміналів, які розміщуються в релейних шафах серійно комірок КРУ 6,3 кВ. Дані реле певним чином з'єднуються між собою та вимірювальними трансформаторами струму і напруги, які встановлені в шафах КРУ високої напруги, з'єднуються з колами оперативного струму та сигналізації, з пристроями електричної і технологічної автоматики. Розроблені комплектні пристрої для захисту двигунів 6 кВ, які встановлюються в релейній шафі КРУ у вигляді однієї конструкції, яка містить вимірювальні та логічні органи. Кількість і виконання всіх пристроїв релейного захисту двигунів повинні відповідати вимогам ПУЕ [10].

На рис. 1 показана структурна схема захисту ЕД і керування одношвидкісного асинхронного електродвигуна М потужністю 200-8000 кВт, який приєднаний через вимикач Q до секції власних потреб 6,3 кВ ТЕС. На рис. 1 також показано підключення реле до первинного та допоміжного електричного і технологічного обладнання. Релейний захист двигуна отримує інформацію від трансформатора струму ТА 1 і ТА 2, встановлених в колі статора та від трансформатора струму нульової послідовності, який встановлений на кабелі, що з'єднує електродвигун М та вимикач Q. Вторинні струми ТА 1 і ТА 2 використовуються в схемі захисту 1 від багатозфазних КЗ і захисту від перевантаження 2. При тому на двигунах потужністю менше 4000 кВт трансформатори струму ТА 2 можуть не встановлюватись.

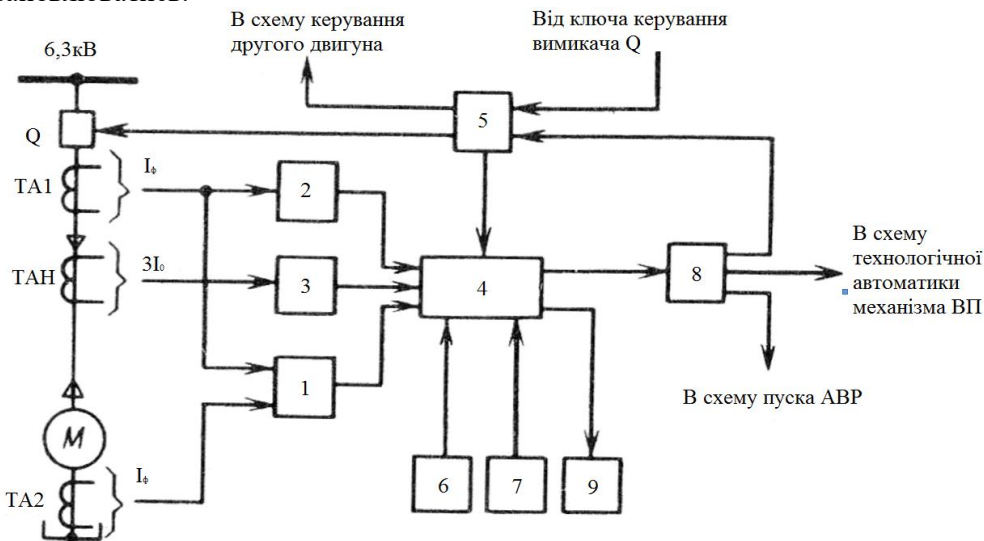


Рис.1 – Структурна схема захисту і керування асинхронного двигуна 6 кВ

Вторинний струм ТАН використовується в схемі захисту від замикань на землю 3. Захисти 1, 2, 3, шляхом порівняння поточного значення з заданим, виявляють аварійний або небезпечний

анормальний режим контролюваного ЕД, причому в зону захисту входить і кабель живлення. Під час небезпечних режимів захисти 1, 2, 3 видають логічні сигнали "1" в логічну частину 4. Крім того, в логічну частину 4 надходять логічні сигнали ("1" або "0") зі схеми управління 5 вимикачем Q, зі схеми технологічної та електричної автоматики (АВР) 6 і від групового захисту мінімальної напруги 7. Логічна частина 4 формує і через вихідний орган 8 видає керуючі впливи в схему управління вимикачем 5, а також в схему пуску АВР та в схему технологічної автоматики механізму ВП (на його розвантаження) [4].

Захист ЕД об'єднує всі пристрої захисту (ПЗ), які використовуються для запобігання пошкоджень через аномальні режими роботи системи живлення, через перехідні процеси.

Пристрої захисту ЕД вибираються з врахуванням: умов експлуатації; операцій, виконуваних ЕД; необхідного ступеню надійності; відносної вартості пристрою захисту ЕД; ймовірності виникнення помилок першого та другого роду; типу електроприводу; порушень, які можуть виникнути в мережі; з врахуванням типу ЕД. Пошкодження ЕД вимагають використовувати пристрої захисту ЕД, які реагують на: перевантаження; короткі замикання; обрив фаз, небаланс струмів статора; пошкодження міжвиткової ізоляції статора; перенапруги; занадто тривалий пуск; режим заторможеного ротора; занадто малий струм статора.

Перевантаження можуть бути виявлені за допомогою реле струму із зворотно залежною захисною характеристикою. Перевантаження через підвищення температури підшипника теоретично недостатньо для спрацювання реле. Тому підшипники повинні бути захищені термостатами або тепловими сенсорами. Коротке замикання автоматичного вимикача виявляється за допомогою реле струму миттєвої дії. Якщо захист виконаний на запобіжниках, то коротке замикання відключається запобіжниками. Важливо контролювати обрив фази та на несиметрію фаз, оскільки ці несправності призводять до збільшення струму в обмотці статора. Обмотки статора можуть мати несправності міжвиткової ізоляції однієї фази або міжфазної ізоляції між фазами різних фаз.

Одночасно за допомогою сигнального органу 9 відбувається фіксація спрацювання того чи іншого захисту і передача інформації оперативному персоналу, що дозволяє орієнтуватися в причинах відключення і запобігти хибному ручному повторному увімкненню пошкодженого двигуна.

Напруга від джерела постійного оперативного струму (блочної акумуляторної батареї 220 В) подається в релейну шафу комірки електродвигуна від шини ЕС2, а для приводу вимикача також від шинок ЕУ, залежно від призначення і потужності електродвигуна 6 кВ ВП. Інші блоки і ланцюги, показані на структурній схемі на рис. 1, можуть бути відсутніми [4].

Сучасним мікропроцесорним терміналом є RED 630 (рис. 2). Він призначений для захисту асинхронних і синхронних двигунів і відповідних приводів, забезпечує повний захист при запуску двигуна і під час нормальної роботи приводу. RED 630 може використовуватись разом з керованими за допомогою вимикача великими електродвигунами зі змінним навантаженням [8]. Як приклад можна привести приводи насосів, вентиляторів, компресорів і т. п. Передбачено дві стандартні конфігурації: для систем з асинхронним двигуном середньої напруги, а інша – для асинхронних і синхронних двигунів, які потребують диференційного захисту. REM630 може використовуватися в схемах з одинарною або подвійною системами шин, з одним або двома вимикачами, а також в схемах з великою кількістю комутуючих пристроїв, тобто для управління розподільними пристроями різних типів.



Рис.2. – Зовнішній вигляд пристрою захисту електричних двигунів RED 630 [8]

В REM630 реалізовані наступні захисти ЕД: ненаправлений ступеневий захист від замикань на

землю; спрямований ступеневий захист від замикань на землю; захист ротора від замикань на землю; захист від зворотного чергування фаз; захист двигунів за максимальним струмом зворотної послідовності; трифазний захист двигуна від теплового перевантаження; захист від втрати навантаження; захист від заклинювання ротора двигуна; диференційний захист з гальмуванням для двигунів; високоомний диференційний захист або диференційний захист електричних машин з контролем балансу потоку потужності; трифазний захист від втрати збудження; аварійний запуск; контроль режиму пуску двигуна; трифазний захист від підвищення напруги; трифазний захист від зниження напруги; захист від підвищення напруги прямої послідовності; захист від зниження напруги прямої послідовності; захист від підвищення напруги зворотної послідовності; захист від підвищення напруги нульової послідовності; захист від зворотного напрямку потужності; спрямований захист від підвищення потужності; захист по швидкості зміни частоти; захист від підвищення частоти; захист від зниження частоти; резервування при відмові вимикача (ПРВВ); аналоговий захист широкого призначення [8].

Входи RTD і mA можуть використовуватися для вимірювання температури підшипників двигуна і обмоток статора, для вимірювання температури навколишнього повітря або охолоджуючого агента розширюючи тим самим функціональні можливості захисту від теплового перевантаження і попереджаючи передчасне старіння обмоток двигуна.

У REM630 використовується інтерфейс «людина-машина» (ЛМ) такий самий, як і у інших пристроїв захисту і управління та у інтелектуальних електронних пристроїв сімейства Relion®. Збігаються розташування функціональних кнопок і структура меню. Ці термінали оснащені великим графічним дисплеєм, на якому можуть відображатися однолінійні схеми (SLD) з індикацією положення вимикачів, роз'єднувачів і заземлюючого ножа. З використанням програми РСМ600 однолінійні схеми можна легко налаштувати відповідно до вимог користувача. Пристрій управління двигуном також підтримує протоколи зв'язку DNP3 (TCP / IP) і 60870-5-103, може використовувати два протоколи одночасно та має можливість взаємодії з промисловими системами автоматизації та SCADA забезпечують підтримувані протоколи зв'язку, в тому числі протокол МЕК 61850. Також використовується програмний інструмент конфігурування інтелектуальних пристроїв захисту РСМ600 [9].

Висновки

Аналіз літературних джерел свідчить про те, що сучасний термінал захисту електричних двигунів REM630 виробництва фірми АВВ має високі техніко економічні показники і може ефективно захищати потужні ЕД живильних електронасосів АЕС та ТЕС.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Petro Lezhniuk. Principle of Least Action in Models and Algorithms of Optimization States Power System III International Scientific and Practical Conference/ Petro Lezhniuk, Vira Teptya, Vyacheslav Komar, Olena Rubanenko.// Modeling, Control and Information Technologies. – Rivne, Ukraine. – 2019. – pp. 173–176.
2. Blanc J.Y. Monitoring and protection of HV motors: electronic resource / J.Y. Blanc // Cahier Technique Merlin Gerin – 1995. – n° 165. – pp. 1–27. Access mode: https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Cahier+Technique&p_File_Id=905261337&p_File_Name=ECT165.pdf&p_Reference=ECT165.
3. Повреждения электродвигателя АВ-8000/6000У3 / Электрические машины – 2019. – С.1–38 с. Режим доступа: <https://leg.co.ua/info/elektricheskie-mashiny/av-8000-6000u3-elektrodvigatel-7.html>.
4. Защита электродвигателей напряжением 6 кВ: дипломный проект/ Проект системи електропостачання цегельного заводу – 2010. – 140 с. Режим доступа: https://studbooks.net/2110224/matematika_himiya_fizika/zaschita_elektrodvigateley_napryazheniem.
5. Burykin O. V. Optimization of connection schemes and operating modes for renewable energy sources in local electric systems/ O. V. Burykin, J. V. Malohulko, K. O. Povstianko // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки – 2019. – №5. – С. 270-274.
6. Лежнюк П. Д. Відновлювальні джерела електроенергії в електричних мережах як елемент енергоефективного електроспоживання./ П.Д. Лежнюк, С.В. Кравчук, І.В. Котилко // Міжнародний науково-технічний журнал Світлотехніка та Електроенергетика. Технічні науки – 2019. – №3 (56). – С. 99-107
7. Гришук М.О. Планування технічного обслуговування силових трансформаторів за результатами контролю їх частотних характеристик/ М. О. Гришук, О. О. Рубаненко, О. Є. Рубаненко // Міжнародний науково-технічний журнал Світлотехніка та Електроенергетика. Технічні науки – 2019. – №3 (56). – С. 92-99.
8. Устройство управления и защиты асинхронных и синхронных двигателей REM630. ABB Relation ® Серия 630 REM 630. / abb.com/substationautomation. – 2018. – 8 с.
9. Программный инструмент конфигурирования интеллектуальных устройств защиты и управления РСМ600. Руководство по началу работы . 2017-08-18. – 1MRS758849, Версия 2.8, – 72 с.

10. Правила улаштування електроустановок. – Видання офіційне. Міненерговугілля України. – Х.: Форт, 2017. – 760 с.

Мельничук Дмитро Олександрович – студент гр. 1EE-16б, Вінницький національний технічний університет, Вінниця e-mail: stydgor@gmail.com.

Науковий керівник: **Рубаненко Олександр Євгенійович** – к.т.н, професор, доцент кафедри електричних станцій та систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Melnychuk Dmytro O. –student Department of power plants and systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: stydgor@gmail.com.

Supervisor: **Rubanenko Alexanedr** – Cand. Sc. (Eng), Prof., Assistant Professor of the department of power plants and systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia,.