

спалювання природного газу в першу чергу необхідно знижувати емісію NO_x . При реалізації режимів з недопалом внесок викиду C і БП у сумарну шкідливість газів, що йдуть, збільшується всього до 7-8%, незважаючи на те, що як показали експерименти, вихід БП при режимах з недопалом збільшується в 1, 5-2 рази порівняно зі звичайним спалюванням.

Отже, режими з помірним недопалом є найбільш виправданими як з погляду екологічної безпеки, так і з погляду ефективного спалювання природного газу.

Слід зазначити, що робота на знижених надлишках повітря з помірним контрольованим недопалом пред'являє більш високі вимоги до стану котельного агрегату, роботі контрольованих вимірювальних приладів, а також до кваліфікації експлуатаційного персоналу й технологічній дисципліні.

Відомо, що більшість діючих у цей час на ТЕЦ котлів були введені в експлуатацію більш 20 років тому й, як правило, їхні експлуатаційні характеристики вже не повною мірою відповідають проектним величинам. Це в першу чергу відноситься до присосів холодного повітря в топкову камеру й газоходи котла, які перевищують нормовані значення, і рівномірності роздачі палива й повітря по пальниковому обладнанню.

Тому перед впровадженням режимів спалювання палива з контрольованим помірним недопалом слід провести ущільнення топки, перевірку штатних приладів і усунення перекосів у топково повітряних трактах.

Висновки та напрямок подальших досліджень. На основі наведеного дослідження можна зробити такі висновки.

Спалювання природного газу з контрольованим помірним недопалом дозволяє знизити викиди NO_x на 30-40 % при одночасній підвищенні КПД котла.

Сумарний показник шкідливості таких режимів в 1,5-2, 0 рази нижче, чим при звичайному спалюванні природного газу відповідно до режимної карти, а сумарний внесок монооксида вуглецю й бенз(о)пирена в загальну шкідливість викиду від котла в атмосферу не перевищує 3-7 %.

При цьому величина хімічного недопалу повинна бути обмежена змістом шкідливих домішок у димових газах за димососом (у перерахуванні на $a = 1,4$): для Z - не більш 100 ppm (125 mg/m^3) і для БП - 60-100 ng/m^3 .

Отже, режими з контрольованим помірним недопалом є найбільш виправданими як з погляду екологічної чистоти, так і з погляду ефективного спалювання палива.

Впровадження режимів з контрольованим недопалом доцільно при модернізації АСУ ТП котла. Для цих цілей слід передбачити установку на котлі вимірювальних систем для контролю змісту O_2 , C і NO у продуктах згорання.

Список літератури

1. Ахмедов, Р. Б. Технология сжигания горючих газов и жидких топлив. – 2-е изд. перераб. и доп. / Р. Б. Ахмедов, Л. М. Цирюльников. – Л.: Недра, 1984. – 238 с.
2. Котлер, В. Р. Оксиды азота в дымовых газах котлов / В. Р. Котлер. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 144 с.
3. Разработка рекомендаций по снижению выбросов оксидов азота для газомазутных котлов ТЭС / П. В. Росляков [и др.] // Электрические станции. – 1991. – № 9.
4. Высокоэффективный способ снижения теплового и химического загрязнения атмосферы газифицированными котельными / Ю.М. Варфоломеев // «Энергобезопасность в документах и фактах» №5, 2005 г., издание «Московского Института Энергобезопасности и Энергосбережения», www.endf.ru
5. Содержание вредных веществ в дымовых газах и способы снижения их концентрации // 2006-2009 Водная техника™, domotronika.ua.

Рукопись поступила в редакцию 26.03.12

УДК 621.314.632

А.П.СІНОЛИЦЬЙ, д-р техн. наук, проф., В.А. КОЛЬСУН, канд. техн. наук., доц.,
Є.С. ДУБ, аспірант, Криворізький національний університет

КРИТЕРІЙ ВЗАЄМОВПЛИВУ І ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ В СИСТЕМАХ ГРУПОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

Статтю присвячено визначенню критеріїв оцінки показників взаємовпливу і електромагнітної сумісності за умови живлення і керування групою механізмів екскаватора від мережі обмеженої потужності. Встановлено гранич-

ні параметри взаємовпливу і електромагнітної сумісності при ускладнених і спрощених (живлення перетворювачів механізмів від загальних вторинних обмоток) схемах і наявності зовнішніх компенсуючих пристроїв.

Проблема та її зв'язок із науковими та практичними завданнями. Створення високоефективних групових систем живлення і керування (ГСЖК) виробничими установками (комплексами) передбачає вирішення двох основних проблем:

мінімізації неактивних складових потужності (включно з гармоніками струму і напруги) і втрат в силових (енергетичних) ланках ГСЖК з урахуванням індивідуальних характеристик навантаження (режимів роботи) установок (механізмів);

встановлення граничних параметрів взаємовпливу і електромагнітної сумісності, а також умов безаварійної експлуатації групового електроприводу з реверсивним режимом і циклічно-нестабільними навантаженнями.

Рішення першої проблеми пов'язане з використанням спеціальних перетворювальних пристроїв (ПП) з високими компенсуючими неактивні складові потужності властивостями [1,4,7], або встановленням зовнішніх компенсуючих пристроїв безпосередньо в систему живлення групи установок (механізмів) [6]. Слід зазначити, що рішення другої проблеми пов'язане з оцінкою показників взаємовпливу і електромагнітної сумісності як з урахуванням схем живлення індивідуальних ПП, так і режимів роботи механізмів.

Різкозмінність навантажень та багаторежимність групи ПП, яка живиться від єдиного джерела (трансформатора) обмеженої потужності, призводять до специфічних умов формування електромагнітних процесів взаємовпливу, що в інтервалах співпадаючих комутацій і-х ПП порушує стійкість інвертування окремих ПП і у більшості випадків спричиняє аварійне відключення їх від мережі живлення.

Згідно [6] за останній час ведуться інтенсивні розробки по створенню ГСЖК механізмами екскаватора на основі електроприводу постійного і змінного струму, що в реальних умовах експлуатації потребує більш детального дослідження і розрахунків енергетичних показників і характеристик взаємовпливу, а також пошуку способів їх покращення. Заслужує на увагу спрощений варіант ГСЖК екскаватора ЕКГ-5, коли живлення ПП механізмів підйому, натиску і повороту здійснюється безпосередньо від загальної вторинної обмотки трансформатора, а для компенсації неактивних складових потужності використовується фільтрокомпенсуючий пристрій (ФКП). Але проблема взаємовпливу і електромагнітної сумісності у цьому випадку набуває особливого значення і оцінки.

Аналіз досліджень і публікацій. Як зазначено в [1-4], визначенням граничних (максимально допустимих для безаварійної роботи) кутів керування перетворювачами механізмів (переважно повороту) екскаватора в гальмівних (інверторних) режимах вказало на пряму залежність показників взаємовпливу і електромагнітної сумісності від способів живлення ПП. Розрахунки вказують на недопустимість використання схем живлення для механізмів малої потужності (механізму повороту) при різних значеннях відносного комутаційного провалу лінійної напруги мережі живлення і необхідність прийняття спеціальних схем технічних рішень щодо підвищення стійкості роботи ПП.

За останній час були запропоновано схемотехнічні рішення, в яких пропонується живлення групових систем безпосередньо від загальної вторинної обмотки одного трансформатора [6]. Даний варіант характеризується значною тривалістю кутів комутації та великими комутаційними провалами напруги живлення, а без додаткових заходів робота привода підйому взагалі стає неможливою. Тому для таких систем групових електроприводів можуть бути використані фільтрокомпенсуючі пристрої (ФКП), які, крім компенсуючих функцій, зменшують значення кутів комутації. На рис. 1а зображено осцилограму лінійної напруги на вторинній обмотці трансформатора екскаватора ЕКГ-5 з системою головних приводів ТП-Д та ФКП. Як видно з осцилограми, ФКП значно зменшив комутаційні викривлення, але при навантаженнях близьких до номінальних вони залишаються досить значними.

Використовуючи методику [1], було виконано розрахунок комутаційних процесів для СГЕП ЕКГ-5 для різних способів трансформаторної розв'язки. При дослідженні були зроблені наступні допущення: опір вентилів у відкритому стані дорівнює нулю; опір закритих вентилів дорівнює безкінечності; активні опори джерела живлення, мережі, трансформаторів та реакторів дорівнюють нулю; всі індуктивні опори постійні, напруга мережі живлення симетрична; всі розрахунки ведуться для умов, коли кожен ПП виконаний по схемі Ларіонова.

З виразів, наведених у [1-5], видно, що робота кожного перетворювача створює додаткові комутаційні провали в напрузі живлення, значення яких залежить від індуктивного опору мережі та споживачів

$$x_M = \frac{3U_\phi}{P_{K.3}}; a_x = \frac{x_M}{x_M + x_n}; \gamma_n = \arccos\left(\cos(\alpha_n) - \frac{2I_{dn}(g_M - g_\Sigma)}{\sqrt{6}U_\phi \cdot g_n \cdot g_M}\right) - \alpha_n; \quad (1)$$

$$\begin{aligned} e_{K1} &= -a_x \sqrt{6}U_\phi \sin \omega t; \\ e_{K2} &= -(a_x/2)\sqrt{6}U_\phi \sin(\omega t - \pi/3); \\ e_{K3} &= -(a_x/2)\sqrt{6}U_\phi \sin(\omega t + \pi/3). \end{aligned} \quad (2)$$

де x_M - індуктивний опір мережі; U_ϕ - фазна напруга мережі; P_{K3} - потужність короткого замикання мережі; a_x - відносний комутаційний провал лінійної напруги; x_n - приведений індуктивний опір n -го споживача; α_n - кут керування n -го перетворювача; I_{dn} - діюче значення випрямленого струму n -го перетворювача; U_ϕ - фазна напруга мережі живлення; g_M - приведена індуктивна провідність мережі; g_Σ - сумарна приведена індуктивна провідність трансформаторів всіх споживачів; g_n - приведена індуктивна провідність трансформатора n -го споживача e_{K1}, e_{K2}, e_{K3} - лінійна ЕРС мережі під час комутації ключів n -го ПП.

При роботі в реальних умовах СГЕП екскаватора зазвичай знаходяться на досить великих відстанях від підстанції. Як наслідок, величина x_M зростає за рахунок індуктивності кабелю живлення. Це, в свою чергу, призводить зростання величини a_x , що відображається на зростанні величини комутаційних провалів напруги живлення [1]

Як засвідчують осцилограми напруги і струму ПП механізмів підйому рис. 2а, натиску рис. 2б і повороту рис. 2,в екскаватора ЕКГ-5 (введеного в експлуатацію на ПАТ «ПівніЗК»), на окремих ділянках повного циклу роботи механізмів напруга і струм вказаних ПП мають протилежні знаки, що характеризує наявність гальмівного (інверторного) режиму систем ТП-Д постійного струму і можливість появи інтервалів роботи ПП в умовах співпадаючих комутацій.

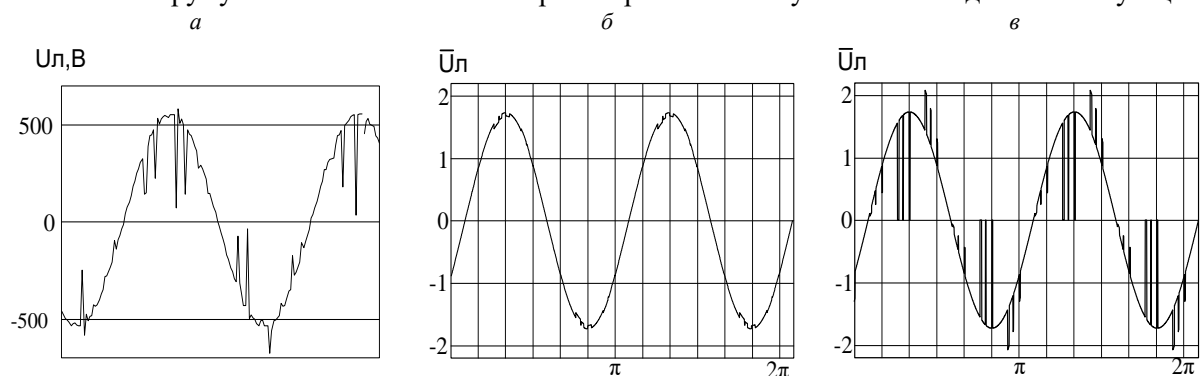


Рис. 1. Криві лінійної напруги при сумісній роботі головних приводів екскаватора ЕКГ-5 для різних способів трансформаторної розв'язки: а – осцилограма лінійної напруги на вторинній обмотці трансформатора екскаватора ЕКГ-5; б – робота при індивідуальних трансформаторах; в – робота при включенні на спільну вторинну обмотку

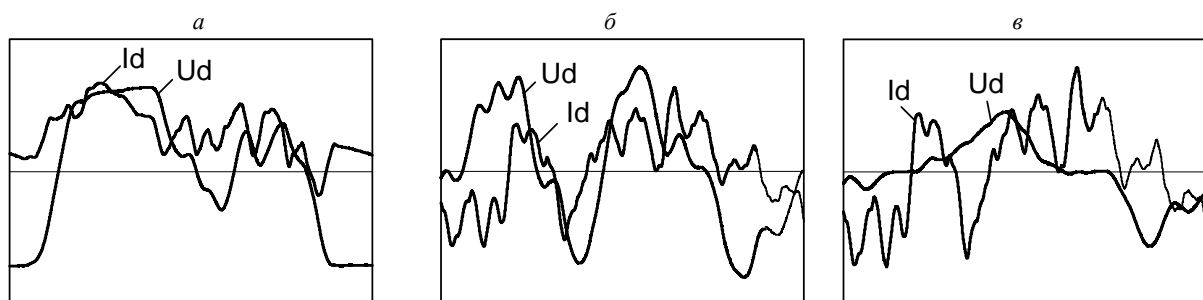


Рис. 2. Осцилограми випрямленої напруги і струму головних приводів екскаватора ЕКГ-5: а – привод напору; б – привод натиску; в – привод повороту

Висновки. Проаналізовано критерії оцінки показників взаємовпливу і електромагнітної сумісності за умови живлення і керування групою механізмів екскаватора від мережі обмеженої потужності. Виконано порівняння рівня взаємовпливу ПП СГЕП екскаватора при різних трансформаторних розв'язках.

Список літератури

1. Шипилло В. Т. Влияние тиристорного электропривода на питающую сеть / В. П. Шипилло // Электротехническая промышленность. Электропривод. – 1970. – №1. – С. 5-10.
2. Аннопольский Ю. Ф. Особенности работы управляемых выпрямителей при групповом питании / Ю. Ф. Аннопольский, И. И. Левитан // Электротехника. – 1976. – №9. – С. 40-43.
3. Пивняк Г. Г. Коммутационные процессы в электроэнергетических сетях с групповыми преобразовательными устройствами / Г. Г. Пивняк, А. Ф. Синолицыи Академический вестник. – 1999. – №3. – С. 1-5.
4. Сінолиций А. П. Комутаційні процеси в системах групового живлення і керування енергоємними установками / А. П. Сінолиций, В. А. Кольсун, Д. О. Кальмус, М. В. Жуйков // Електротехніка та електроенергетика. – 2009. – №1. – С. 4-10.
5. Олейник В. Д. Особенности работы тиристорных преобразователей многодвигательного электропривода экскаватора при различных способах питания / В. Д. Олейник, А. Ф. Синолицыи // Изв. вузов Энергетика. – 1987. – №6. – С. 56-59.
6. Микитченко А. Я. Разработка ФКУ для экскаватора ЭКГ-5 оборудованного приводами по системе ТП-Д / А. Я. Микитченко, А. Н. Шолонков, Д. Р. Шевченко // Всероссийская научно-техническая конференция «Энергетика: состояние, проблемы, перспективы». – Оренбург. – 2007. – С.266-271.
7. Сінолиций А. П. Компенсація неактивних складових потужності в системах живлення і керування установками з нестабільними навантаженнями / А. П. Сінолиций, В. А. Кольсун, Є. С. Дуб // Вісник КТУ. – 2011. – Випуск 27. – С. 188-191.

Рукопись поступила в редакцию 03.04.12

УДК 621.313.33

Э.А. ВОРОТЕЛЯК, канд. техн. наук, доцент А.В. КОЛОМИЦ, ассистент
ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ НА РАБОЧИЕ РЕЖИМЫ ГЛУБОКОПАЗНОГО КОРОТКОЗАМКНУТОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Выполнен анализ влияния параметров схемы замещения на рабочие режимы глубокопазного короткозамкнутого асинхронного двигателя.

В связи с возрастающей дороговизной энергоресурсов решением этой задачи является оптимальное управление режимами работы электроприводов, в том числе, асинхронными машинами. Прогноз и построение рабочих характеристик всех видов электрических машин имеют между собой много общего и возможен на основе информации о параметрах схем замещения, а они могут быть получены аналитическим и экспериментальным путем. Паспортных и каталожных данных недостаточно. Так, для энергетической характеристики $\eta=f(P_v)$, зависимость коэффициента полезного действия (КПД) от мощности на валу P_v и других характеристик надо знать все виды потерь мощности, зависимости скорости n от моментов электромагнитного M_z или на валу M_v .

Согласно основам общей теории электрических машин [1] вращающиеся машины можно рассматривать, в конструктивном исполнении, состоящими из двух цилиндрических стальных частей, разделенными узким кольцеобразным пространством, называемым воздушным зазором. Одна из частей может быть неподвижной, другая подвижной вращающейся. Обе части, через воздушный зазор пронизываются общим магнитным потоком Φ . Вблизи поверхности этих частей, параллельно оси цилиндров, расположены токоведущие проводники, образующие обмотки машин, и рабочий процесс машины, при относительном движении, определяется, в первую очередь, распределением токов по окружностям поверхностей цилиндров.

В статьях [2-4] приводятся методы определения параметров схемы замещения АД небольших мощностей. Вместе с тем асинхронные двигатели АД мощностью выше 100 кВт имеют ряд особенностей. По виду исполнения ротора они делятся на многоклеточные (обычно двухклеточные), с глубокими пазами (глубокопазные) или с пазами, уширенными в нижней части.

Это заставляет выделить их в особую группу, к которой можно отнести АД большой мощности серии А4 и ДА304, предназначенные для привода механизмов, не требующих регулиро-