

УДК 621.311.016

Пантелєєва Ірина Вікторівна
Українська інженерно-педагогічна академія
(Харків, Україна)

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКІВ СТІЙКОСТІ НАВАНТАЖЕННЯ ВІДНОСНО СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВ

Анотація. У статті розглянуті деякі особливості та призначення розрахунків стійкості навантаження для рішення задач стійкості енергосистем взагалі, а також стосовно систем електропостачання підприємств. В енергосистемах з розвинутими електричними мережами та не дуже довгими лініями електропередачі важкі збурення можуть бути пов'язані з порушеннями роботи великих промислових підприємств: у таких випадках аналіз перехідних процесів необхідний і споживачам, і енергосистемі.

Ключові слова: перехідний процес, енергосистема, електричне навантаження, система електропостачання, електрична мережа, стійкість, підприємство, коротке замикання.

Аннотация. В статье рассмотрены некоторые особенности и назначение расчетов устойчивости нагрузки для решения задач устойчивости энергосистем в целом, а также относительно систем электроснабжения предприятий. В энергосистемах с развитыми электрическими сетями и не очень длинными линиями электропередачи тяжелые возмущения могут быть связаны с нарушениями работы больших промышленных предприятий: в таких случаях анализ переходных процессов необходим и потребителям, и энергосистеме.

Ключевые слова: переходный процесс, энергосистема, электрическая нагрузка, система электроснабжения, электрическая сеть, устойчивость, предприятие, короткое замыкание.

Panteleeva Irina

Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy

(Kharkiv, Ukraine)

FEATURES OF LOADING STABILITY CALCULATIONS UNDER THE ELECTRICAL SUPPLY SYSTEMS OF ENTERPRISES

***Abstract.** In the article some features and purpose of calculations of load stability are considered for solving problems of stability of power systems in general, as well as with respect to the systems of power supply of enterprises. in power systems with developed electrical networks and not very long transmission lines, severe disturbances may be associated with disturbances of the work of large industrial enterprises: in such cases, the analysis of transients is necessary both for consumers and the power grid.*

***Key words:** transition process, power system, electric load, power supply system, electric network, stability, enterprise, short circuit.*

Аналіз стійкості навантаження, який виконується для конкретних промислових підприємств, дозволяє отримати достовірні оцінки техніко-економічної ефективності протиаварійних заходів. Дані по збиткам від кожного порушення технологічних процесів можуть бути отримані на підприємстві. Використовуючи статистичні дані про питомі пошкодження ліній та розподіл коротких замикань (к.з.) по видам, а також підсумки розрахунків перехідних процесів, можна підрахувати кількість порушень роботи підприємства за рік для різних умов роботи енергосистеми та різного складу протиаварійних заходів. Розрахункові схеми складають таким же чином, як і при рішенні

загальних задач стійкості, але з більш детальним уявленням електричної мережі, яка примикає до навантаження, яке розглядається, та більш ретельним обліком складу і параметрів цього навантаження [1].

Складність моделі вузла навантаження залежить від різноманітності електроприймачів. Коли метою розрахунків є вивчення перехідних процесів при збуреннях у системі зовнішнього електропостачання, то всі підстанції підприємства, які мають практично однакову електричну віддаленість від джерел живлення та місць докладання збурення і однаковий склад електроприймачів, можуть бути представлені одним навантаженням (потужності трансформаторів і реакторів при цьому підсумовуються). Таким чином, модель навантаження підприємства може бути достатньо компактною та містити усього декілька вузлів, які розрізняються складом електроприймачів, значенням τ_j (постійна інерції) двигунів та іншими важливими параметрами для задачі, яка вирішується. Приклад такої схеми для розрахунків стійкості двигунів (головним чином, синхронних) при зовнішніх к.з. приведений на рис. 1.

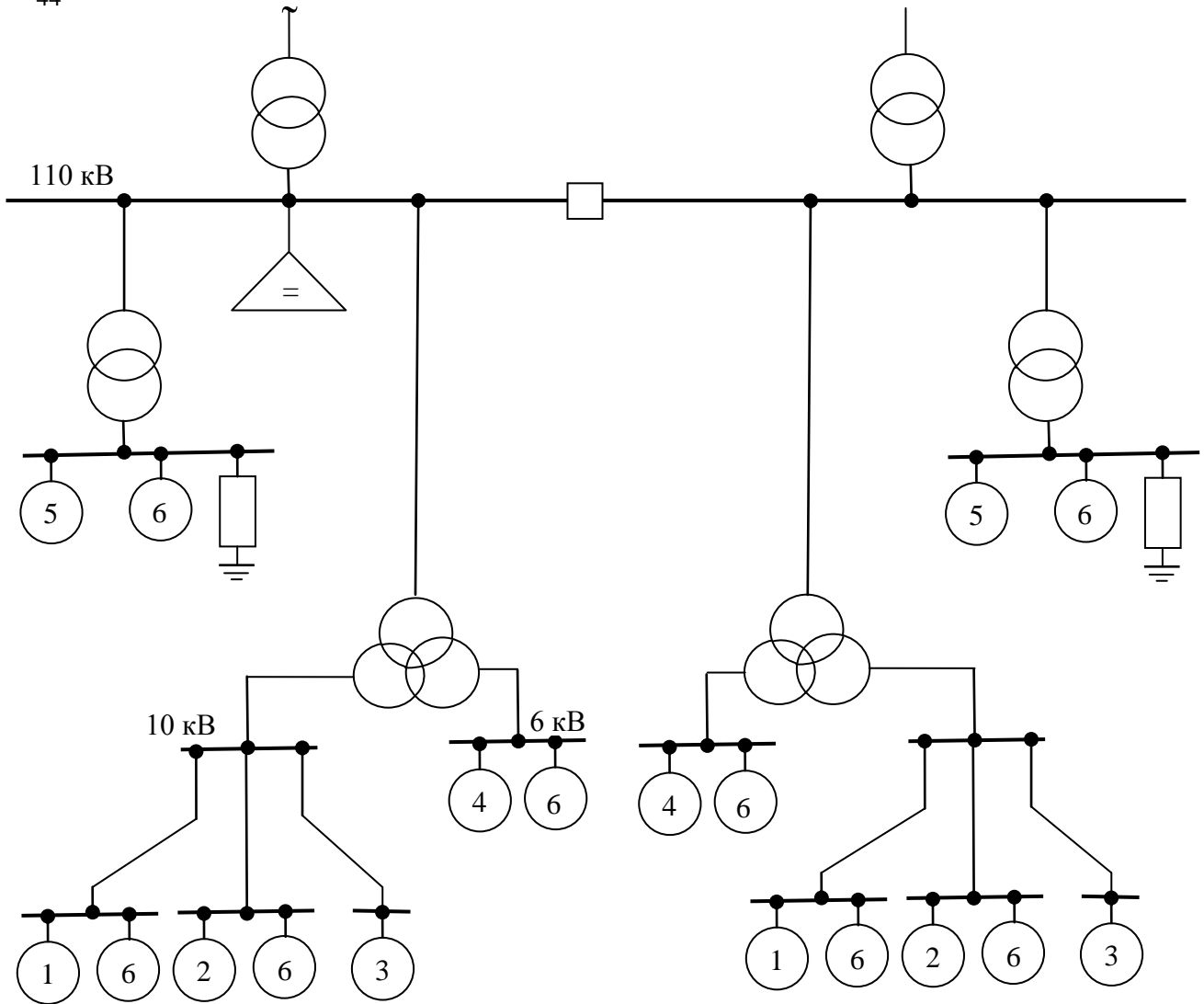


Рисунок 1. - Частина розрахункової схеми, яка відображає навантаження горнозбагачувального комбінату: синхронні двигуни: 1 – димососи; 2 – млини; 3 – компресори; 4 – еквівалент для групи насосів; 5 – еквівалент синхронного навантаження, яке залишилось; 6 – асинхронні двигуни

Необхідні моделі різних різкозмінних навантажень (наприклад, для прокатних станів), облік взаємозалежності моментів опору двигунів, спеціальні моделі АРЗ (автоматичного регулювання збудження) синхронних двигунів, специфічних засобів промислової автоматики, тощо.

Визначення впливу короткочасного порушення електропостачання (КПЕ) на промислове виробництво потребує розрахунків різних збурень. Звичайно необхідно враховувати к.з. в мережах різних класів напруги. При к.з. на лініях високої напруги тривалість КПЕ найменша і повної перерви живлення споживачів взагалі не буває, однак збурення впливає на великій кількості підприємств. При к.з. у розподільчих мережах середньої напруги збурення

розповсюджується на меншу кількість споживачів, однак тривалість к.з. значно більше (якщо врахувати перерви живлення при дії АПВ та АРЗ) [2].

Скоротити обсяг роботи по перевірці впливу різних КПЕ на підприємство можна, якщо попередньо для основної групи електроприймачів побудувати залежність критичної тривалості КПЕ від глибини зниження напруги [3]. Для цього: моделюється к.з. у вузлі навантаження; тривалість к.з. t_k для різних величин шунтів к.з. вибирають так, щоб отримати точки у координатах $U_{осм}, t_k$ граничні по умовам можливості зберігання технологічних процесів: при $t_k < t_{кр}$ нормальна робота підприємства зберігається, а при $t_k > t_{кр}$ – порушується (рис. 2, а).

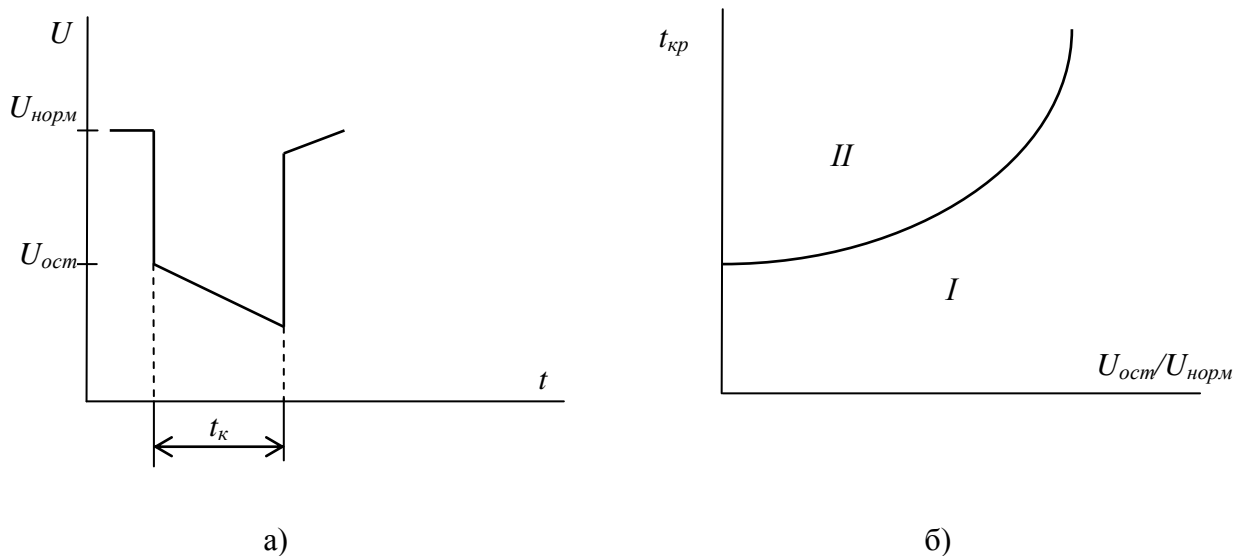


Рисунок 2 - Відображення чутливості промислових споживачів до КПЕ: а) – основні параметри КПЕ; б) - гранична крива $t_{кр}=f(U_{осм})$

На рис. 2, б наведена крива залежності $t_{кр}$ від $U_{осм}$ по даним серії розрахунків для фіксованого t_k : *I* – зона збурень, при яких не порушується робота підприємства; *II* – зона порушень його роботи.

Маючи граничну криву $t_{кр}=f(U_{осм})$ чи декілька таких кривих у більш складних випадках, наприклад, при неодносторонньому живленні навантаження, можна з всієї маси вихідних збурень обирати без спеціальних розрахунків чи тільки з розрахунком початкової частини процесу (для визначення $U_{осм}$) ті збурення, які характеризуються точками у координатах $t_{кр}$,

$U_{ост}/U_{норм}$, які лежать поблизу граничних кривих. Про ефективність протиаварійних заходів можна судити на основі такого же будування – по тому, наскільки скорочується зона II.

Необхідно також звернути увагу на те, що при незмінній тривалості перерви живлення час самозапуску буває більше в тих випадках, коли τ_j двигунів менше, а не навпаки. Так, для однієї групи асинхронних двигунів при перерві живлення тривалістю 1 с отримана наступна залежність часу самозапуску від τ_j (табл. 1).

Таблиця 1 - Залежність часу самозапуску від постійної інерції

τ_j, c	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4
$t_{сз}, c$	15	10,5	5,5	3,5	3,2	2,8

При рішенні питань забезпечення самозапуску двигунів необхідно враховувати обмеження його тривалості, яке обумовлене нагрівом двигунів та елементів мережі.

Таким чином, потребується запас по обсягу навантаження, який вимикається, тому що на перехідні процеси у навантаженні можуть впливати різні перехідні процеси генераторів. Основним параметром, який визначає процеси у навантаженні, є напруга його живлення. Через вплив різних факторів ця напруга на всіх етапах перехідного процесу, включаючи сталий післяаварійний режим, може бути нижче, ніж у відповідних розрахунках. Якщо прийняти знижені рівні напруги, по порівнянню з дійсними, можна компенсувати вплив похибок навантаження, із-за яких фактична дія КПЕ більше розрахункової. Тому запас по напрузі є найбільш дієвим засобом забезпечення надійності підсумків розрахунків при розробці протиаварійних заходів.

При перехідних процесах запас по напрузі, як показує досвід роботи [3], повинен бути як мінімум 5 %, а у випадках, коли можна чекати значних похибок моделювання навантаження, - не менше 10 %. Одна із можливостей виконання розрахунків перехідних процесів з обліком запасу по напрузі полягає у тому, що початковий режим задається зі зниженими на величину коефіцієнта

запасу напругами на шинах електростанцій і підстанцій споживачів у районі, що розглядається: відповідно зменшаться напруги і у перехідному процесі.

Якщо при моделюванні синхронного навантаження звичайно є необхідність і можливість представляти його окремою моделлю (еквівалентним синхронним двигуном) кожної групи однотипних машин, то при моделюванні асинхронного навантаження це зробити частіше неможливо. Виключенням можуть бути великі двигуни, параметри яких вводяться у розрахунок безпосередньо по даним каталогів. В інших випадках кожний еквівалентний асинхронний двигун заміщає у розрахунках велику групу різнотипних і по різному завантажених машин. Ускладнення розрахункової схеми не бажано: на перший план виступають труднощі завдання параметрів кожного з еквівалентних двигунів.

У загальному випадку прийнятий наступний порядок дій: по-перше, модель асинхронного навантаження для кожного з вузлів розрахункової схеми електропостачання складається з використанням усереднених параметрів асинхронних двигунів. При цьому контролюється вплив тих ймовірних похибок у результатах розрахунків, які пов'язані з неточністю описання асинхронного навантаження. Якщо ці похибки є недопустимими, тобто впливають на оцінку динамічної стійкості енергосистеми чи на вибір протиаварійних заходів, то у моделі асинхронного навантаження вносять уточнення.

Висновки

Отже, модель асинхронного навантаження можна покращити наступними засобами:

1. Розбити навантаження на більш дрібні частини, по можливості, однорідні по своєму складу – в першу чергу, по різниці у моментах опору і значеннях τ_j .
2. Використовувати такий метод еквівалентування двигунів, який забезпечує правильний облік ефектів каскадного самозапуску.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гуревич Ю.Е. Устойчивость нагрузки электрических систем / Ю.Е. Гуревич, Л.Е. Либова, Э.А. Хачатрян. – М.: Энергоатомиздат, 2001. – 340 с.
2. Пантелеева И.В. Проблемы динамической устойчивости электроэнергетических систем / И.В. Пантелеева, Т.Н. Романовская // Системи обробки інформації. Збірник наукових праць ХУПС. – Харків, 2008. - № 1(68). – С. 65-66.
3. Пантелеева І.В. Протиаварійне керування в енергосистемах при глибоких зниженнях напруги / І.В. Пантелеева, Н.М. Шматько, Н.І. Горбенко // Системи озброєння і військова техніка. Щоквартальний науковий журнал. – Харків: ХУПС, 2010. – « 1(21). – С. 228-231.