

**УКРАЇНА****(19) UA****(11) 113993****(13) C2****(51) МПК****F03D 9/25** (2016.01)**H02J 3/16** (2006.01)**H02J 3/38** (2006.01)**F03D 7/04** (2006.01)

**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ**

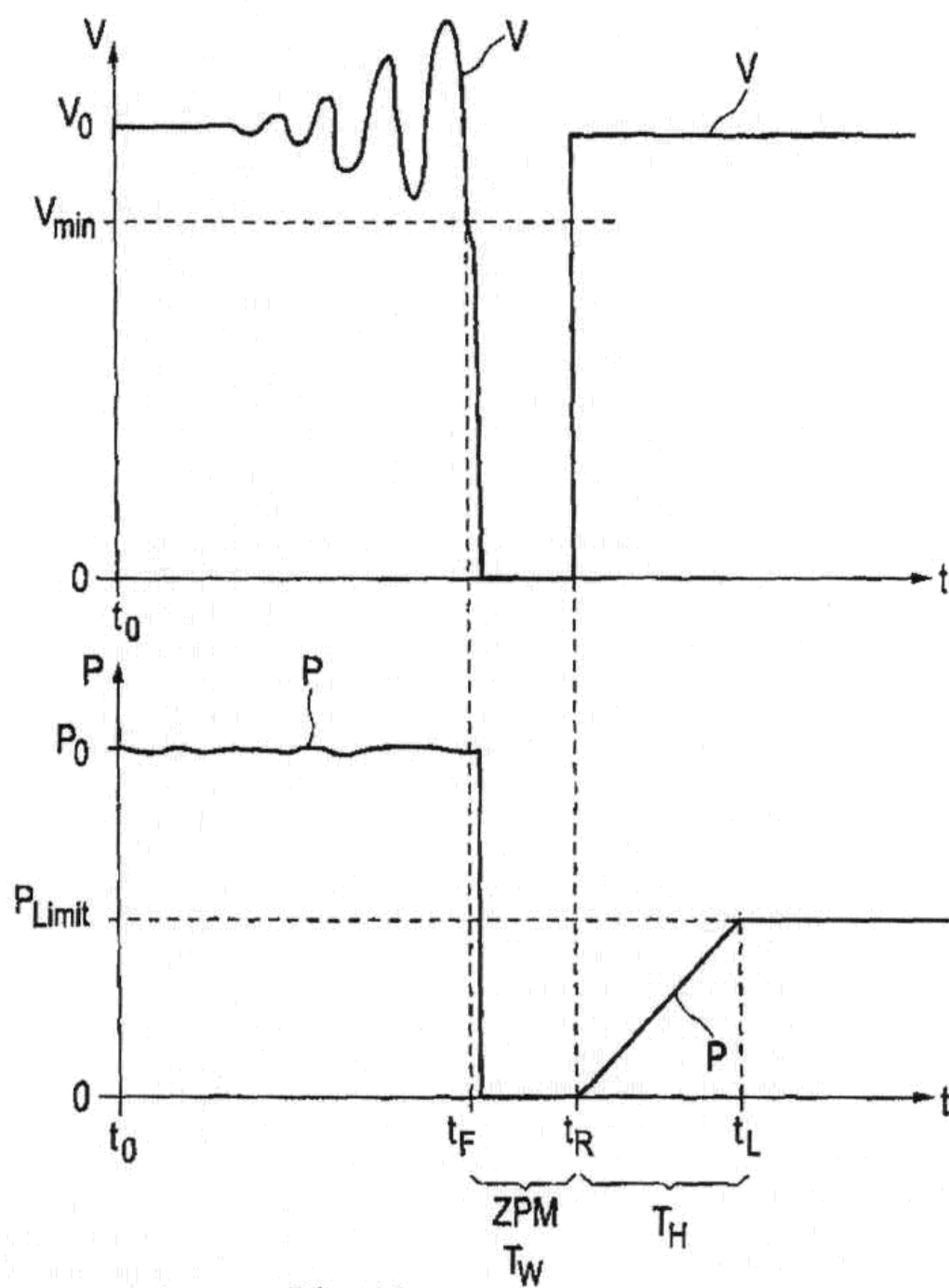
(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки: а 2015 01193	(72) Винахідник(и): Дідріхс Фолькер (DE), Бускер Кай (DE), Бєсманн Альфред (DE)
(22) Дата подання заявки: 03.07.2013	(73) Власник(и): ВОББЕН ПРОПЕРТІЗ ГМБХ, Dreekamp 5, 26605 Aurich, Germany (DE)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 10.04.2017	(74) Представник: Мошинська Ніна Миколаївна, реєстр. №115
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: 10 2012 212 366.0	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: WO 2011/050807 A2, 05.05.2011 WO 2012/089699 A2, 05.07.2012 Miller N.W. Advanced controls enable wind plants to provide ancillary services/ N.W. Miller, K. Clark// IEEE power and energy society general meeting [IEEE PES-GM 2010], 25 - 29 July 2010/ IEEE, Piscataway, NJ, USA.- Minneapolis, Minnesota, USA, 2010.- P. 1-6. CA 2760888 A1, 08.06.2012 US 2008/0303489 A1, 11.12.2008 DE 102008062356 A1, 08.07.2010 UA a201112393 A, 25.04.2012
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: 13.07.2012	
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку: DE	
(41) Публікація відомостей про заявку: 25.05.2015, Бюл.№ 10	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.04.2017, Бюл.№ 7	
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ: PCT/EP2013/064059, 03.07.2013	

(54) СПОСІБ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИМ ГЕНЕРАТОРОМ**(57) Реферат:**

Винахід стосується способу керування генератором електричної енергії, підключеним в точці мережного підключення до електричної мережі електропостачання, що включає етапи введення електричної потужності в електричну мережу електропостачання, причому генератор працює в першій робочій точці, переривання введення, так що потужність не вводиться в електричну мережу електропостачання, коли має місце або індукується несправність в електричній мережі електропостачання або несправність введення в електричну мережу електропостачання, поновлення введення, так що електрична потужність знову вводиться в електричну мережу електропостачання, причому генератор виконує поновлення введення у другій робочій точці або відповідно переходить в цю другу робочу точку, і друга робоча точка порівняно з першою робочою точкою розрахована таким чином, що введення в мережу електропостачання виконується з вищим запасом стабільності.

UA 113993 C2



Фиг. 10

Даний винахід стосується способу керування генератором електричної енергії, підключеним в точці мережного підключення до електричної мережі електропостачання. Крім того, даний винахід також стосується генератора електричної енергії, підключеного до електричної мережі електропостачання.

Введення електричної енергії в електричну мережу електропостачання, таку як, наприклад, європейська об'єднана енергомережа, або мережа електропостачання США, є загальновідомим. При цьому далі під електричною мережею електропостачання розуміється мережа змінної напруги, такої, як вона здійснена повсюдно. Це не виключає того, що в мережі є ділянки постійної напруги. Також в будь-якому випадку аспекти, які є частотно-незалежними, в принципі також можуть стосуватися мережі постійної напруги. Історично введення енергії в електричну мережу електропостачання здійснюється за допомогою великої електростанції, яка з первинної енергії, як, наприклад, вугілля, ядерної енергії або газу, приводить в дію синхронний генератор. Залежно від кількості пар полюсів синхронного генератора і кількості обертів синхронного генератора, останній здійснює введення енергії з певною частотою в мережу електропостачання. Синхронний генератор може піддаватися впливу за допомогою технічних засобів керування, щоб, наприклад, встановлювати потужність. Однак такий процес регулювання може бути дуже повільним.

При змінюваних ситуаціях в мережі електропостачання, що живиться, фізична реакція синхронного генератора часто впливає, щонайменше короткочасно, на зміну мережного стану. Наприклад, число обертів синхронного генератора підвищується, коли мережа електропостачання не повністю може відбирати потужність, яка надається або відповідно яка може бути надана синхронним генератором. Таким чином, надмірна потужність прискорює синхронний генератор, що виявляється в підвищенні частоти введення енергії. Відповідно, частота в мережі електропостачання може підвищуватися.

При введенні енергії в мережу електропостачання до того ж необхідно враховувати мережну стабільність. Втрата мережної стабільності, тобто втрата стабільності мережі електропостачання, може привести до відключення живильного генератора. Така втрата стабільності, яка в професійній термінології позначається як LOS (Loss of Stability - втрата стабільності), описує процеси фізичного характеру, які не допускають подальшої експлуатації і повинні завершуватися за допомогою відключення. У випадку електростанцій відбувається припинення їх роботи і тим самим можлива ескаляція так званої дефіцитної потужності. У найгіршому випадку ця втрата стабільності приводить до повної відмови енергетичної системи внаслідок каскадування несправностей і накопичення дефіциту. Такі повні відмови надзвичайно рідкісні, але, наприклад, відбулися 24 вересня 2004 в Італії.

Під втратою мережної стабільності, так званою втратою стабільності (Loss of Stability), потрібно розуміти явище, при якому спочатку виникає втрата кутової стабільності, що в результаті може приводити до втрати стабільності напруги.

Як критерії стабільності, зокрема, встановлюються досяжні надструми, які повинні забезпечуватися у випадку настання втрати стабільності. Це передбачає відповідне виконання систем. Нова електростанція, зокрема, знову споруджувана електростанція, таким чином, узгоджується з мережею електропостачання, як вона представляється в точці мережного підключення, до якої повинна підключатися електростанція.

Важливим критерієм при підключенні великих електростанцій до електричної мережі електропостачання є відношення струму короткого замикання, що означається в професійній термінології як Scr (Short circuit ratio - коефіцієнт короткого замикання). Це відношення струму короткого замикання є відношенням потужності короткого замикання до потужності підключення. При цьому під потужністю короткого замикання розуміється та потужність, яку може надавати відповідна мережа електропостачання в точці мережного підключення, що розглядається, до якої повинна підключатися електростанція, якщо там виникає коротке замикання. Потужність підключення являє собою потужність підключення електростанції, що підключається, тобто, зокрема, номінальну потужність генератора, що підключається.

Щоб забезпечити надійний режим експлуатації, щоб, таким чином, значною мірою унеможливити втрату стабільності, електростанції звичайно розраховуються для відповідної точки мережного підключення таким чином, що відношення струму короткого замикання лежить вище значення 10, звичайно навіть вище значення 15. Мережа електропостачання може в цьому випадку надавати відносно високу потужність короткого замикання в точці мережного підключення. Це означає, що мережа має низький мережний імпеданс і позначається як сильна мережа.

У випадку слабкої мережі, тобто, коли є високий мережний імпеданс, може, відповідно, вводиться лише мала потужність підключення, або відповідно може підключатися тільки

електростанція з малою потужністю підключення. Це звичайно приводить до того, що або до такої точки мережного підключення не підключається нова електростанція, або мережа повинна бути змінена, зокрема, за допомогою забезпечення додаткових, могутніших проводів. Це також позначається загалом як посилення мережі.

Для введення електричної енергії через децентралізовані генераторні блоки, зокрема, вітроенергетичні установки, проблема втрати стабільності мережі, а саме, так звана Loss of Stability (втрата стабільності), в принципі, невідома. Правда, вже в кінці 90-х років уперше було запропоновано використовувати вітроенергетичні установки також для електричної підтримки мережі, однак при цьому не враховується причина втрати стабільності, зокрема, те, що втрата стабільності викликається введенням енергії в мережу електропостачання.

Так, наприклад, документ US 6 891 281 описує спосіб, в якому вітроенергетичні установки залежно від мережної частоти можуть змінювати своє введення потужності, зокрема, дроселювати. У документі US 7 462 946 запропоновано, що у випадку мережної несправності, а саме, зокрема у випадку короткого замикання, вітроенергетична установка обмежує струм, який вона вводить в мережу, замість від'єднання від мережі, щоб і за рахунок цього реалізувати підтримку мережі. У документі US 6 965 174 для підтримки мережі за допомогою вітроенергетичної установки описаний спосіб, який залежно від мережної напруги встановлює фазовий кут ввідного струму і тим самим вводить в мережу залежно від напруги реактивну потужність, щоб за рахунок цього здійснювати підтримку мережі. Документ US 6 984 989 стосується також способу для підтримки мережі за допомогою вітроенергетичної установки, в якому вітроенергетична установка, при необхідності залежно від мережної напруги, знижує потужність, яка вводиться в мережу, щоб за рахунок цього, зокрема, уникати від'єднання від мережі, щоб також за рахунок цього реалізувати підтримку мережі за допомогою вітроенергетичної установки.

Те, що такі децентралізовані генераторні блоки, такі як вітроенергетичні установки, самі можуть бути причиною для втрати стабільності в мережі, раніше не враховувалося. У статті "Loss of (Angle) Stability of Wind Power Plants", V. Diedrichs et al., поданій на "10th International Workshop on Large-Scale Integration of Wind Power into Power Systems as well as on Transmission Networks for Offshore Wind Farms, Aarhus (Denmark), 25-26 October, 2011", в принципі вказувалося на проблему, що втрата стабільності в мережі може в принципі виникнути також для вітроенергетичних установок, підключених до мережі електропостачання для введення енергії. Ця стаття представляє при цьому по суті інформаційне висвітлення згаданої проблеми. На цю статтю в явному вигляді робиться посилання, і її вміст, зокрема, її технічні пояснення дійсні і для даної заявки.

У принципі, відомості, досвід й інші знання про підключення і режим експлуатації великих електростанцій в електричній мережі електропостачання не можуть перенестися на вітроенергетичні установи, включаючи великі вітроенергоцентри з множиною вітроенергетичних установок, які підключаються до мережі електропостачання для введення енергії. Фахівець, відповідальний за підключення електростанції до мережі електропостачання і пуску її в експлуатацію, є іншим, ніж фахівець, який підключає вітроенергетичну установку до мережі електропостачання і здійснює пуск її в експлуатацію. Вітроенергетичні установи - і багато що з описаного далі справедливе також для інших децентралізованих генераторних блоків - залежать від вітру і повинні, таким чином, враховувати джерела непостійної енергії; вони звичайно не вводять енергію за допомогою безпосередньо зв'язаного з мережею синхронного генератора в мережу електропостачання, а застосовують оснований на напрузі інвертор; вони мають інший порядок величини, ніж великі електростанції, причому їх номінальна потужність звичайно лежить приблизно на 3 десятих порядку нижче такої у великих електростанцій; вони підлягають регулюванню звичайно іншими політичними законами, які часто забезпечують знімання потужності операторами електричних мереж електропостачання; вони звичайно встановлюються децентралізованим чином; вони вводять енергію звичайно в мережу середньої напруги, в той час як великі електростанції звичайно здійснюють введення в мережу найвищої напруги.

Проблематичною також є ситуація, в якій незважаючи на всі заходи обережності, все ж виникає втрата стабільності, яку потрібно уникати. Якщо така втрата стабільності виникає, то генератор електричної енергії для відповідної точки мережного підключення повинен бути відключений. Таке відключення ініціюється по заданих критеріях, і відповідний генератор контролює ці критерії і відключається, якщо він розпізнає, що ці критерії мають місце. Але тим самим негайно змінюється потужність, яка вводиться в мережу, і, отже, потужність, що є в мережі. Втрата цієї потужності цього генератора може привести до того, що інші точки мережного підключення поблизу виявляють критерії для відключення і відповідно відключають

інші генератори, що, в свою чергу, може спричинити відключення подальших генераторів, аж до повного тимчасового відключення електрики.

Німецьке відомство з патентів і товарних знаків внаслідок пошуку відносно пріоритетної заявки для даної заявки виявило наступні джерела попереднього рівня техніки: DE 10 2009 027 981 B4, DE 10 2008 062 356 A1, WO 2011/050807 A2 і DE 10 2008 045 938 A1.

Таким чином, в основі даного винаходу лежить задача, направлена на рішення щонайменше однієї з вищезгаданих проблем. Зокрема, повинно бути запропоноване рішення, щоб у випадку описаної втрати стабільності в мережі електропостачання або щонайменше загрожуючої втрати стабільності підтримувати загрожуючий збиток по можливості малим.

Відповідно до винаходу запропонований спосіб керування генератором електричної енергії, підключеним в точці мережного підключення до електричної мережі електропостачання, згідно з пунктом 1 формули винаходу. Відповідно до цього вводять електричну потужність в електричну мережу електропостачання, причому генератор експлуатується в першій робочій точці. Така робоча точка може, наприклад, визначатися через введену дійсну потужність і, при необхідності, введену реактивну потужність. Прикладом для робочої точки, було б введення дійсної потужності на рівні номінальної потужності генератора і введення реактивної потужності на рівні 10 % від введенної дійсної потужності, що згадується тільки як приклад.

Під час експлуатації генератора в цій першій робочій точці здійснюється переривання введення енергії, так що потужність не вводиться в мережу електропостачання, якщо є або індукуються несправності в електричній мережі електропостачання або несправність введення в електричну мережу електропостачання. Таким чином, така несправність контролюється, і якщо вона розпізнається, то ініціюється переривання введення енергії в електричну мережу електропостачання. Це переривання здійснюється не при будь-яких мінімальних несправностях, а тільки при несправностях, які повинні спричинити таке переривання. Для цього можуть встановлюватися відповідні критерії, як, наприклад, дуже сильне падіння напруги або дуже сильний градієнт падіння напруги в точці мережного підключення, що вказується лише як два приклади, які також можуть об'єднуватися.

Як наступний етап знову поновлюється введення енергії, так що електрична потужність знову вводиться в електричну мережу електропостачання. Таке поновлення введення енергії повинно здійснюватися по можливості швидко. При цьому воно передбачає, що відповідне введення енергії взагалі допустиме. Але також можуть, зокрема, виникати випадки, при яких або несправність усунена, або при яких критерій несправності може виводитися тільки на основі способу введення, здійснюваного генератором. Наприклад, робоча точка генератора може несподіваним і небажаним чином зсунутися в діапазон, який для цього конкретного генератора при введенні енергії у відповідній точці мережного підключення приводить до нестабільності. Таким чином, можна тільки завдяки тому факту, що відповідний генератор більше не вводить енергію в мережу, усунути втрату стабільності, пов'язану з попереднім введенням енергії від цього генератора, так що генератор щонайменше теоретично, може безпосередньо при підключенні знову здійснювати введення енергії.

Також пропонується, що генератор при поновленні введення енергії, робить введення енергії у другій робочій точці, або переходить у другу робочу точку, особливо якщо стрибкоподібний пуск у другій робочій точці фізично неможливий. Відповідно, перехід в цю другу робочу точку може також відбуватися дуже швидко.

Ця друга робоча точка порівняно з першою робочою точкою розраховується таким чином, що введення енергії в мережу електропостачання виконується з вищим запасом стабільності. Перша робоча точка, в якій працювали перед несправністю, і яка переважно може також бути звичайною робочою точкою цього генератора, є також стабільною, тобто має також звичайно достатній запас стабільності. Однак тепер пропонується вибрати другу робочу точку, яка порівняно з першою робочою точкою має вищий запас стабільності.

З таким вищим запасом стабільності може часто бути пов'язане те, що генератор здійснює введення енергії в мережу з меншою ефективністю, зокрема, вводить менше потужності. Це береться до уваги, щоб по можливості швидко примусити генератор знову вводити потужність в мережу і, тим самим, втрату потужності цього генератора, що вводиться, при перериванні введення по можливості швидко щонайменше частково реверсувати. Тим самим максимально швидко знову надається потужність, щоб, зокрема, запобігти каскадному відключенню, яке в найгіршому випадку закінчується повним тимчасовим відключенням електрики.

Переважає чином, генератор є децентралізованим генератором, вітроенергетичною установкою або вітроенергоцентром, що містить декілька вітроенергетичних установок.

Децентралізований генератор, відносно мережі, в яку він здійснює введення енергії, розміщений або підключений децентралізованим чином. Мережа, таким чином, орієнтована не

на нього, і він, навпаки, розташований децентралізовано відносно центра продуктивності електричної мережі електропостачання. До того ж децентралізований генератор звичайно має порівняно малу потужність, яка звичайно становить лише 10 МВт або менше. Вітроенергетична установка звичайно є децентралізованим генератором.

Вітроенергоцентр, що містить декілька вітроенергетичних установок, має вищу потужність підключення, ніж в окремих вітроенергетичних установках, які об'єднані в нього. Однак він може передбачатися як децентралізований генератор, особливо якщо він має розмір, який щонайменше помітно менший такої великої електростанції. Вітроенергетична установка і/або вітроенергоцентр часто відносно своєї керованості можуть керуватися щонайменше швидше, ніж велика електростанція. Зокрема, введення в електричну мережу електропостачання може в сучасній вітроенергетичній установці або у вітроенергоцентрі з декількома вітроенергетичними установками змінюватися істотно швидше і більш гнучко, ніж це звичайно має місце у великій електростанції, за умови, що є достатній вітер.

Переважаючим чином застосовується введення енергії на основі напруги. Відповідно до цього генератор в принципі виконаний як кероване джерело напруги і тому має відповідну гнучкість при введенні енергії в мережу електропостачання. Також сучасні вітроенергетичні установки часто виконані як основані на напрузі генератори. У кожному випадку можна говорити про оснований на напрузі генератор або основане на напрузі введення, якщо генератор, зокрема вітроенергетична установка має оснований на напрузі інвертор для введення енергії.

Згідно з одним варіантом виконання, запропоновано, що генератор у другій робочій точці вводить в мережу електропостачання менше дійсної потужності і/або реактивної потужності, ніж в першій робочій точці. Переважно при цьому для дійсної потужності другої робочої точки пропонується значення на щонайменше 10 % менше, зокрема, на щонайменше 20 % менше, ніж значення першої робочої точки. Для реактивної потужності другої робочої точки запропоноване зниження відносно реактивної потужності першої робочої точки на щонайменше 10 %, зокрема, на щонайменше 20 %. У другій робочій точці може вводиться менше дійсної потужності і менше реактивної потужності, щоб тим самим досягнути стабільнішої робочої точки, або досягнути робочої точки, яка далі видалена від межі стабільності. При цьому під більшою віддаленістю розуміється вище різницеве значення дійсної або відповідно реактивної потужності. Виявилось, що часто доцільне зниження дійсної потужності, а реактивну потужність не потрібно знижувати, або реактивну потужність потрібно знижувати тільки на менше значення відносно першої робочої точки. Тим самим пропонується, що після переривання введення вітроенергетична установка спочатку працює із зниженою дійсною потужністю доти, поки співвідношення, зокрема, співвідношення в електричній мережі електропостачання не будуть нормалізовані і/або стабілізовані.

Переважаючим чином спосіб відрізняється тим, що поновлення введення енергії відбувається таким чином, що ввідна реактивна потужність змінюється швидше, зокрема, підвищується, ніж ввідна дійсна потужність, так що значення реактивної потужності другої робочої точки досягається швидше, ніж значення дійсної потужності другої робочої точки, і/або так що значення реактивної потужності першої робочої точки досягається швидше, ніж значення дійсної потужності першої робочої точки. Було встановлено, що стабільність введення і/або мережі при повторному запуску може бути підвищена, якщо спочатку вводиться більше реактивної потужності, ніж дійсної потужності, або навіть вводиться тільки реактивна потужність. При цьому за основу береться відповідне кінцеве значення, яке може бути різним між реактивною потужністю і дійсною потужністю.

Таким чином, запропоновано при поновленні введення за рахунок відповідної частки реактивної потужності досягати по можливості стабільної робочої точки. Так можна, наприклад, за допомогою введення реактивної потужності підвищувати мережну напругу в точці підключення, що може приводити до стабілізації. Для цього може бути переважним спочатку вводити або відбирати тільки реактивну потужність.

Якщо реактивна потужність відносно першої робочої точки встановлюється швидше, ніж дійсна потужність, це означає, що друга робоча точка, наприклад, встановлюється тоді, при відомих умовах лише на короткий час, коли реактивна потужність досягла значення першої робочої точки. У цьому випадку дійсна потужність другої робочої точки відносно дійсної потужності першої робочої точки була б зниженою.

Також переважним є спосіб, який відрізняється тим, що спочатку встановлюється реактивна потужність, зокрема, на значення першої або другої робочої точки, щоб тим самим досягнути підтримки мережі, і потім встановлюється дійсна потужність, зокрема, підвищується, і/або що реактивна потужність і дійсна потужність відповідно встановлюються за допомогою тимчасової лінійно зростаючої функції, і лінійно зростаюча функція вибирається таким чином, що значення

реактивної потужності другої робочої точки досягається раніше, ніж значення дійсної потужності другої робочої точки, і/або що значення реактивної потужності першої робочої точки досягається раніше, ніж значення дійсної потужності першої робочої точки.

Таким чином, пропонується цілеспрямовано встановлювати тільки реактивну потужність, щоб досягнути стабілізації. При цьому друга робоча точка може характеризуватися високою компонентою реактивної потужності, але малою компонентою дійсної потужності. Зокрема, компонента дійсної потужності може в цьому випадку дорівнювати нулю.

Альтернативно або в комбінації зміна реактивної потужності здійснюється згідно з більш крутою лінійно зростаючою функцією, ніж різке збільшення дійсної потужності. Крутість відповідної лінійно зростаючої функції стосується відповідного кінцевого значення реактивної потужності або дійсної потужності, особливо, значень першої і другої робочої точки.

Спосіб згідно з іншим варіантом виконання відрізняється тим, що при поновленні введення ввідана дійсна потужність підвищується із заданою характеристикою зміни, зокрема, в лінійно зростаючій формулі, і при цьому ввідана реактивна потужність супутнім чином керується так, що вона діє для стабілізації напруги, причому реактивна потужність керується, зокрема, на основі зареєстрованої перед цим мережної характеристики електричної мережі електропостачання. Тим самим дійсна потужність різко збільшується, зокрема, вздовж лінійно зростаючої характеристики, щоб по можливості швидко, але при достатньому часі, щоб не загрожувати стабільності, вводити потужність в електричну мережу електропостачання. Перед реактивною потужністю при цьому ставиться задача стабілізуючим чином сприяти різкому збільшенню дійсної потужності. При цьому реактивна потужність може змінюватися істотно динамічніше, щоб досягнути стабілізації.

Стабілізація стосується, зокрема, напруги в точці мережного підключення, яка повинна підтримуватися по можливості постійною і/або в заданому діапазоні допусків. Переважним чином для цього пропонується взяти за основу зареєстровані перед цим мережні характеристики підключеної мережі електропостачання. Тим самим також поведінка мережі електропостачання в точці мережного підключення може бути щонайменше частково відомою, і реакція мережі електропостачання в точці мережного підключення, особливо реакція напруги в точці мережного підключення на заплановане різке збільшення дійсної потужності, є передбачуваною. Тим самим реактивна потужність, при знанні попередньо запланованого підвищення введення дійсної потужності може керуватися цілеспрямованим чином. Наприклад, реактивна потужність може керуватися на основі запланованого введення дійсної потужності і попередньо відомої мережної характеристики. Додатково може застосовуватися регулювання.

При цьому реактивна потужність може, зокрема, керуватися таким чином, що при різкому збільшенні витримується межа стабільності. Залежно від вибраної межі стабільності, за рахунок цього також друга робоча точка керується з вищим запасом стабільності, ніж перша робоча точка.

Якщо при запуску вітроенергетична установка спочатку працює із зниженою потужністю, вона може сприяти введенню потужності в мережу електропостачання і тим самим підтримувати мережу, але до того ж вона знаходиться в порівняно стабільній робочій точці.

Переважним чином поновлення введення здійснюється в межах попередньо визначеного часу поновлення після переривання, причому переважно вибирається час поновлення, який менший, ніж 10 секунд. Переважно при поновленні в межах попередньо визначеного часу різкого збільшення, відбувається перехід у другу робочу точку. Щоб мати можливість досягнення мережної підтримки, установка повинна була б по можливості швидко здійснювати введення в мережу, причому за допомогою вибору другої робочої точки, незважаючи на це швидке поновлення введення, він може здійснюватися стабільним чином, і установка не переходить відразу ж в нестабільний стан введення, який перед цим вже привів до переривання введення. Таким чином, при цьому пропонується швидке повторне включення і підтримка мережі при одночасному забезпеченні стабільності.

Згідно з одним виконанням, запропоновано, що запас стабільності є найменшою різницею між введеною реактивною потужністю і реактивною потужністю межі стабільності. Введена реактивна потужність є конкретним значенням, а межа стабільності, навпаки, є характеристикою зміни. Таким чином, із значення введеної реактивної потужності відносно межі стабільності, тобто характеристики зміни такої межі, виходять різні різниці. Найменша з цих різниць утворюється, згідно з цією пропозицією, запас стабільності. Іншими словами, запас стабільності, образно кажучи, є найменшою відстанню до межі стабільності.

Згідно з іншим варіантом виконання, запропоновано, що найменша різниця між введеною дійсною потужністю і дійсною потужністю межі стабільності є запасом стабільності.

Згідно з іншим варіантом виконання, запропоновано, що найменша різниця між напругою в точці мережного підключення і напругою межі стабільності є запасом стабільності.

Переважає чиним запас стабільності може складатися з цих різниць. Переважає чиним як межа стабільності за основу береться взаємозв'язок між ввідною дійсною потужністю і ввідною реактивною потужністю, як, наприклад, характеристикою зміни дійсної потужності залежно від реактивної потужності. Як запас стабільності робочої точки, яка в цьому відношенні описується своєю часткою дійсної потужності і реактивної потужності, може застосовуватися найменша відстань до визначеної таким чином межі стабільності. Математично це може обчислюватися методом найменших квадратів. Найменша відстань до межі стабільності виходить для точки на межі стабільності, при якому корінь з суми квадрата різниці реактивної потужності і квадрата різниці дійсної потужності є найменшою.

Переважає чиним межа стабільності може бути функцією мережної напруги в точці мережного підключення залежно від введеної реактивної потужності або залежно від введеної дійсної потужності або залежно від обох, причому функція, образно кажучи, може бути поверхнею, зокрема, зігнутою поверхнею. Ця зігнута поверхня була б тоді мережною напругою в точці мережного підключення залежно від введеної реактивної потужності і введеної дійсної потужності. Таким чином виходила б зігнута поверхня в просторі, який охоплюється мережною напругою в точці мережного підключення, введеною реактивною потужністю і введеною дійсною потужністю, зокрема, в значенні простору в прямокутній системі координат.

Згідно з іншим виконанням, запропоновано, що переривання введення енергії здійснюється, якщо в точці мережного підключення виникає або індукуюється втрата стабільності мережі електропостачання і/або введення в мережу електропостачання. У цьому відношенні, таким чином, виникає випадок, якого по можливості потрібно уникати, а саме — втрата стабільності. З точки зору регулювання для цього переважно оцінюється сигнал, який сигналізує, що виникає така втрата стабільності мережі електропостачання або введення енергії.

Переривання може також або альтернативно ініціюватися надструмом в мережі електропостачання і/або в точці мережного підключення. Крім того, або альтернативно може виникати несправність в мережі електропостачання, зокрема, коротке замикання, яке було зареєстроване і, таким чином, приводить до переривання введення енергії.

Додатково або альтернативно, також спадання напруги в мережі електропостачання і/або в точці мережного підключення може вести до переривання. Зокрема, спадання напруги, коли вона спадає нижче попередньо визначеного значення, є, таким чином, показником серйозної проблеми в мережі. У принципі, також підвищення напруги може вказувати на проблему в мережі і передбачати необхідність переривання. У випадку ненавмисного підвищення напруга могло би також бути доцільним, передусім, не допускати повторного введення додаткової потужності в мережу за допомогою генератора. За відомих умов, введення негативної реактивної потужності могло б протидіяти мережній напрузі.

Додатково або альтернативно, комутація в мережі і/або секціонування трансформаторів у мережі електропостачання може приводити до переривання, особливо, якщо така комутація або секціонування трансформаторів, тобто, зокрема, перемикання ступінчастих трансформаторів перевищує звичайний поріг.

Також виникнення шквалистих поривів вітру може призвести до переривання введення енергії.

Згідно з одним варіантом виконання, запропоновано, що при реєстрації втрати стабільності, що загрожує в точці мережного підключення, і/або при поновленні введення живлення здійснюється перемикання з нормального керування на керування стабілізацією, яке керує генератором з вищою стабільністю порівняно з нормальним керуванням. Тим самим можна перешкоджати тому, що виникне загрожуюча втрата стабільності або що поновлення введення енергії приведе до нової проблеми, зокрема, до втрати стабільності і, зокрема, до переривання введення енергії.

Переважає чиним при описаній загрожуючій втраті стабільності або при поновленні введення енергії пропонується ввідну дійсну потужність генератора обмежувати на значенні меншому, ніж максимальне значення генератора, зокрема, на значенні, яке менше, ніж номінальна потужність генератора. Зокрема, за рахунок такого зниження дійсної потужності до меншого значення, ніж максимальне значення, забезпечуються, з одного боку, запаси стабільності, а з іншого боку, запаси регулювання для генератора, зокрема, для вітроенергетичного встановлення, коли вона утворює генератор.

Згідно з іншим варіантом виконання пропонується, що при загрожуючій втраті стабільності або при поновленні введення живлення у випадку, коли генератор являє собою вітроенергоцентр з декількома вітроенергетичними установками, здійснюється перемикання з

нормального керування на центральне керування вітроенергоцентром. Таким чином, у випадку такої проблеми вітроенергетичним установкам більше не надається керування окремо, а пропонується централізована координація вітроенергетичних установок, зокрема, відносно введення енергії, щоб тим самим протидіяти втраті стабільності.

5 Переважним чином перемикання на керування стабілізацією, обмеження дійсної потужності і/або застосування централізованого керування вітроенергоцентром підтримується доти, поки не буде зареєстровано, що втрата стабільності більше не загрожує. При цьому на передньому плані знаходиться керування вітроенергетичною установкою, вітроенергоцентром або іншим генератором спочатку відносно стабільності, при цьому беручи до уваги зменшення введення 10 дійсної потужності. Іншими словами, стабілізація знаходиться на передньому плані, і навіть потрібно рахуватися з тим, що, у випадку застосування вітроенергетичної установки або вітроенергоцентра, енергія, яка міститься у вітрі, в цьому випадку буде витрачатися даремно.

Перемикання на керування стабілізацією відповідає перемикаю з першої робочої точки на другу робочу точку. Експлуатація у другій робочій точці може позначатися як керування 15 стабілізацією.

Згідно з переважним варіантом виконання запропоновано, що після реєстрації втрати стабільності, що загрожує в точці мережного підключення, і/або після поновлення введення енергії за допомогою зовнішнього сигналу від керування стабілізацією керування генератором повертається в нормальне керування, і/або обмеження в дійсній потужності відміняється. 20 Таким чином, пропонується, що повернення в принципі в нормальний стан, за основу якого не береться підвищена стабілізація, здійснюється залежно від зовнішнього сигналу. Наприклад, пристрій оцінки може генерувати такий зовнішній сигнал, або оператор електричної мережі електропостачання може надавати такий сигнал. За рахунок оцінки такого зовнішнього сигналу може виконуватися більш надійне і, зокрема, також таке, що проводиться кращим чином, 25 повернення в нормальний режим експлуатації. Тим самим мінімізується ризик того, що повернення в нормальний режим експлуатації відбувається дуже рано, а саме, перш ніж попередньо розпізнана або загрожуюча проблема стабільності не буде дійсно усунута.

Згідно з варіантом виконання запропоновано, що передбачений вітроенергоцентр з декількома вітроенергетичними установками, причому кожна вітроенергетична установка утворює генератор. Після переривання введення енергії однієї або декількох вітроенергетичних 30 установок, вона або відповідно вони індивідуально знову відновлюють введення енергії. Зокрема, кожна вітроенергетична установка перемикається з нормального керування на керування стабілізацією, яке керує відповідною вітроенергетичною установкою з підвищеною стабільністю порівняно з нормальним керуванням. Зокрема, це стосується випадку, при якому переривання введення стосується не вітроенергоцентр загалом, а тільки деякі вітроенергетичні 35 установки. Для цього можуть бути різні причини, наприклад, те, що одна або декілька вітроенергетичних установок перервали введення живлення через сильний шквалистий вітер. Також неточності вимірювання можуть вести до того, що деякі вітроенергетичні установки виходять з випадку, який робить необхідним переривання, в той час як інші не повинні виконувати переривання. Крім того, віддалене розташування може привести до різних 40 передумов між вітроенергетичними установками у вітроенергоцентрі, які достатні для того, щоб установки також по-різному реагували. Крім того, можуть бути різні типи установок, які приймають різні критерії за основу переривання введення живлення.

Щонайменше для цього пропонується, що вітроенергетичні установки, які перервали своє 45 введення енергії, по можливості швидко знову включаються, а саме, в стабільному стані, щоб протидіяти каскадному ефекту. Таким чином, повинно запобігатися те, що вітроенергетичні установки, які ще не виявили критерію для переривання, не повинні також переривати введення енергії через переривання інших вітроенергетичних установок. Тому пропонується, вітроенергетичні установки, які перервали введення енергії, якомога швидше знову допустити 50 до введення енергії, але по можливості в стабільній робочій точці.

Переважним чином, для однієї або більше вітроенергетичних установок, які перервали введення живлення, поновлення введення здійснюється ще раніше, ніж несправність, яка лежить в основі, усунута щонайменше раніше, ніж несправність, яка лежить в основі, повністю усунута. У принципі, при перериванні введення живлення в зв'язку з несправністю, введення 55 живлення може здійснюватися знову, коли цієї несправності більше немає. На основі запропонованого введення живлення із зміненою робочою точкою, однак, можливо, незважаючи на несправність, що є, знову поновлювати введення живлення. Це стосується особливо випадку, в якому переривання сталося так швидко, що не можливо було б перемкнутися в стабільнішу робочу точку, щоб уникнути переривання.

Описане далі обчислення потоку навантаження застосовується для аналізу стаціонарних робочих станів мереж енергопостачання. Основу при цьому складає відображення відповідної мережі через її імпеданси Z або адмітанси Y (комплексні значення провідності), яке показано на фіг. 9.

- 5 У класичному мережному аналізі мережа визначалася б через закон Ома з наступною лінійною системою рівнянь в матричній формі запису, яка описує взаємозв'язок для n вузлів:

$$\begin{bmatrix} Y_{11} & \cdots & Y_{12} & Y_{1i} & \cdots & Y_{1n} \\ Y_{21} & \cdots & Y_{22} & Y_{2i} & \cdots & Y_{2n} \\ \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots \\ \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots \\ Y_{n1} & \cdots & Y_{n2} & Y_{ni} & \cdots & Y_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ U_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ I_n \end{bmatrix}$$

або стиснуто: $\underline{Y} \cdot \underline{U} = \underline{I}$ (лінійна система рівнянь).

- 10 При цьому необхідно знайти напругу в кожному з n мережних вузлів (\rightarrow підтримка постійної напруги).

Але оскільки струми в мережах невідомі, а (плановані) введення або відповідно відбори енергії відомі, то струми виражаються через потужності:

$$I_{ii} = \frac{S_i^*}{U_i^*} = \frac{P_i - jQ_i}{U_i^*}$$

- 15 Шляхом представлення мережних рівнянь через потужності одержуємо нелінійну систему рівнянь.

$$S_i^* = P_i - jQ_i = Y_{i1}U_1U_i^* + Y_{i2}U_2U_i^* \dots = U_i^* \sum_{k=1}^n Y_{ik}U_k$$

- 20 Ця нелінійна система рівнянь вирішується числовим методом (частіше всього методом Ньютона). У рамках числового рішення системи рівнянь вона повинна бути лінеаризована. Лінеаризація здійснюється через часткові похідні елементів матриці по невідомим, а саме, в цьому випадку по амплітуді ($U_2 \dots U_n$) і куту ($\delta_1 \dots \delta_n$) вузлових напруг.

Матриця з частковими похідними називається матрицею Якобі. Для рішення системи рівнянь вона повинна бути такою, що інвертується, тобто регулярною.

Матриця Якобі

$$\begin{bmatrix} \Delta P_2^{(0)} \\ \vdots \\ \Delta P_n^{(0)} \\ \vdots \\ \Delta Q_2^{(0)} \\ \vdots \\ \Delta Q_n^{(0)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \left(\frac{\partial P_2}{\partial \delta_2}\right)^{(0)} & \cdots & \left(\frac{\partial P_2}{\partial \delta_n}\right)^{(0)} & \left(\frac{\partial P_2}{\partial U_2}\right)^{(0)} & \cdots & \left(\frac{\partial P_2}{\partial U_n}\right)^{(0)} \\ \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots \\ \left(\frac{\partial P_n}{\partial \delta_2}\right)^{(0)} & \cdots & \left(\frac{\partial P_n}{\partial \delta_n}\right)^{(0)} & \left(\frac{\partial P_n}{\partial U_2}\right)^{(0)} & \cdots & \left(\frac{\partial P_n}{\partial U_n}\right)^{(0)} \\ \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots \\ \left(\frac{\partial Q_2}{\partial \delta_2}\right)^{(0)} & \cdots & \left(\frac{\partial Q_2}{\partial \delta_n}\right)^{(0)} & \left(\frac{\partial Q_2}{\partial U_2}\right)^{(0)} & \cdots & \left(\frac{\partial Q_2}{\partial U_n}\right)^{(0)} \\ \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots \\ \left(\frac{\partial Q_n}{\partial \delta_2}\right)^{(0)} & \cdots & \left(\frac{\partial Q_n}{\partial \delta_n}\right)^{(0)} & \left(\frac{\partial Q_n}{\partial U_2}\right)^{(0)} & \cdots & \left(\frac{\partial Q_n}{\partial U_n}\right)^{(0)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta_2^{(0)} \\ \vdots \\ \Delta \delta_n^{(0)} \\ \vdots \\ \Delta U_2^{(0)} \\ \vdots \\ \Delta U_n^{(0)} \end{bmatrix}$$

Матриця Якобі

- 25 Далі винахід пояснюється більш детально як приклад на основі прикладів виконання з посиланнями на прикладені креслення, на яких показано:

Фіг. 1 - вітроенергетична установка в просторовому зображенні.

Фіг. 2 - схематично підключена до мережі вітроенергетична установка, основана на системі керування напругою, яка позначена як VCS (Voltage Control System).

- 30 Фіг. 3 - схематично схемний пристрій керованого по напрузі введення енергії вітроенергетичної установки в мережу змінної напруги.

Фіг. 4 - схематично дві вітроенергетичні установки, підключені до мережі через загальну точку мережного підключення.

Фіг. 5 - параметри впливу, які можуть впливати на чутливість вітроенергетичної установки, підключеної до мережі.

Фіг. 6 - діаграма як оцінка поведінки мережі в точці мережного підключення як характеристики напруги залежно від введеної реактивної потужності і введеної дійсної потужності.

Фіг. 7 - чутливість як викликана змінами дійсної потужності зміна напруги залежно від введеної і нормованої реактивної потужності і дійсної потужності.

Фіг. 8 - чутливість як викликана зміною реактивної потужності зміна напруги залежно від нормованої реактивної потужності і дійсної потужності.

Фіг. 9 - узагальнене зображення мережі.

Фіг. 10 - діаграма, яка ілюструє втрату стабільності з поновленням введення енергії в змінній робочій точці.

Далі ідентичні посилальні позиції можуть передбачатися для подібних, але не ідентичних елементів, або вони можуть також передбачатися для елементів, які представлені лише схематично або символічно і можуть розрізнятися в деталях, які не істотні для відповідних пояснень.

На фіг. 1 показана вітроенергетична установка 100 з вежею 102 і гондолою 104. На гондолі 104 розміщений ротор 106 з трьома роторними лопатями 108 і обтікач 110. Ротор 106 під час експлуатації приводиться вітром в обертальний рух і тим самим приводить в дію генератор в гондолі 104.

На Фіг. 2 схематично показана вітроенергетична установка 1, яка через точку 2 мережного підключення підключена до електричної мережі 4 електропостачання. Електрична мережа 4 електропостачання далі спрощено позначається як мережа 4, причому ці поняття потрібно розглядати як синоніми.

Вітроенергетична установка 1 має генератор 6, який приводиться в дію вітром і за рахунок цього виробляє електричну енергію. Генератор 6 в одному варіанті виконання виконаний як електрично збуджуваний багатофазний синхронний генератор 6 з двома трифазними системами, з'єднаними відповідно по схемі з'єднання зіркою, що ілюструється обома символами зірки в генераторі 6 на фіг. 2. Вироблений таким чином змінний струм, а саме, в згаданому прикладі 6-фазний змінний струм, випрямляється випрямлячем 8 і як постійний струм через відповідний провід 10 постійного струму, який може містити декілька окремих провідників, передається від гондoli 12 вниз по вежі 14 до інвертора 16. Інвертор 16 виробляє з постійного струму змінний струм, а саме, в показаному прикладі 3-фазний змінний струм для введення в мережу 4. Для цього вироблена інвертором 16 змінна напруга підвищується трансформуванням за допомогою трансформатора 18, щоб потім вводиться в мережу 4 в точці 2 мережного підключення. Показаний трансформатор 18 застосовує схему з'єднання "зірка-трикутник", а саме, на первинній стороні схему з'єднання зіркою, а на вторинній стороні схему з'єднання трикутником, що в даному випадку представлено лише як приклад варіанта виконання. Введення енергії в мережу 4 може, нарівні з введенням дійсної потужності P , також включати в себе введення реактивної потужності Q , що наочно показано за допомогою стрілки 20. Для конкретного введення енергії інвертор 16 керується відповідним блоком 22 керування, причому блок 22 керування також може бути конструктивно об'єднаний з інвертором 16. Взагалі фіг. 2 ілюструє принципову функціональну структуру, і конкретне розташування окремих елементів може вибиратися інакше, ніж представлено. Наприклад, трансформатор 18 може бути передбачений поза вежею 14.

Блок 22 керування керує інвертором 16, зокрема, таким чином, що керується спосіб введення в мережу 4. При цьому виконуються задачі, яким чином ввідний струм узгодити з ситуацією в мережі 4, особливо, частотою, фазою і амплітудою напруги в мережі 4. Крім того, блок 22 керування передбачений для того, щоб керувати часткою дійсної потужності P і реактивної потужності Q поточної ввідної в мережу 4 потужності. У цьому випадку здійснюються вимірювання в мережі 4, зокрема в точці 2 мережного підключення, які відповідно оцінюються. Серед іншого, також вимірюється поточна напруга в мережі 4, особливо в формі поточного ефективного значення напруги, і порівнюється із заданим значенням для напруги, а саме, заданим значенням V_{SET} .

Відповідно, представлена система і, зокрема, інвертор 16 з блоком 22 керування являє собою систему керування напругою, яка позначена як VCS (Voltage Control System).

Для керування генератором вітроенергетичної установки в зоні гондoli передбачені блок 24 керування потужністю і блок 26 оцінки потужності. Блок 24 керування потужністю керує, зокрема, збудженням, а саме, струмом збудження синхронного генератора з незалежним збудженням в показаному прикладі виконання. Блок 26 оцінки потужності оцінює потужність, яка

подається на випрямляч 8 і порівнює її з потужністю, що віддається від випрямляча 8 через проводи 10 постійного струму до інвертора 16. Результат цієї оцінки видається далі на блок 24 керування потужністю.

Фіг. 2 також ілюструє, що для відповідного інтелектуального введення енергії показана система повинна бути забезпечена системою керування напругою, щоб експлуатувати вітроенергетичну установку при введенні по можливості стабільно, особливо поблизу межі стабільності.

Фіг. 3 ілюструє підключення вітроенергетичної установки 1' до так званої "слабкої мережі 4". Під слабкою мережею в цьому випадку потрібно розуміти мережу з високим імпедансом. Це показано на фіг. 3 за допомогою послідовного імпедансу 5'. Крім того, такий послідовний імпеданс 5' передбачений в тестовій структурі, яка відповідає структурі за фіг. 3, і за допомогою якої досліджувалася поведінка вітроенергетичної установки 1' в слабкій мережі 4'.

Структура на фіг. 3 виходить з генератора 6', який приводиться в дію вітром і передбачений як синхронний генератор. Вироблена електрична потужність генератора 6' випрямляється у випрямлячі 8' і надається інвертору 16' на стороні входу на проміжному контурі постійної напруги з конденсатором 28' проміжного контуру. Показана структура ототожнює провід 10' постійної напруги з вхідним проміжним контуром постійної напруги інвертора 16', щоб спростити зображення. Фактично вхідний провід постійного струму може бути електрично ідентичний проміжному контуру, або на стороні входу ще передбачається підвищувальний регулятор, що тут детально не представлено. Також випрямляч 1" й інвертор 16' можуть бути просторово відділені один від одного, як це було вже пояснено з посиланням на фіг. 2 відносно випрямляча 8 і інвертора 16.

Нарешті, передбачене керування 24' збудженням, яке може заживлюватися енергією проміжного контуру постійної напруги, який представлений конденсатором 28' проміжного контуру. Це керування 24' збудженням керує струмом збудження генератора 6' з незалежним збудженням і відповідає в принципі блоку 24 керування потужністю за фіг. 2.

Інвертор 16' може вводити дійсну потужність P і реактивну потужність Q . При цьому на фіг. 3 приведена напруга на виході інвертора 16' як напруга вітроенергетичної установки V_{WEC} . Для введення вона ще перетворюється з підвищенням за допомогою трансформатора 18' і вводиться в мережу 4' в точці 2' мережного підключення. Мережа 4' в цьому випадку також містить додатковий трансформатор 30'. Власне мережа, яка починається після мережного трансформатора 30', позначена посилювальною позицією 4". Напруга в точці 2' мережного підключення позначена як мережна напруга V_{Grid} .

Для ілюстрації слабкої мережі перед точкою 2' мережного підключення позначений послідовний імпеданс 5'. Цей послідовний імпеданс 5' є тільки в цій тестовій структурі або в пояснювальній структурі і вказує мережний імпеданс. Тому точка, позначена безпосередньо поруч з трансформатором 18', може розглядатися як точка 2" мережного підключення. Різниця між обома точками 2' і 2" мережного підключення виникає тільки через застосування послідовного імпедансу 5' і в реальних мережах, таким чином, не виявляється.

На Фіг. 4 показане інше пояснювальне і схематичне уявлення, згідно з яким дві вітроенергетичні установки 1 підключені до мережі 4 електропостачання. Кожна з вітроенергетичних установок 1 побудована в принципі так, як пояснено з посиланням на фіг. 2, а саме, з генератором 6, випрямлячем 8 і проводом 10 постійного струму, який насправді має щонайменше два окремі провідники, а саме, для позитивного і негативного струму, що відповідно справедливо також для проводу 10 постійного струму за фіг. 2. Крім того, вітроенергетична установка 1 містить інвертор 16 і трансформатор 18. Від кожної з вітроенергетичних установок 1 проходить тоді з'єднувальний провід 32 до точки 2' мережного підключення на стороні вітроенергетичної установки. Таким чином, ці обидві показані як приклад вітроенергетичні установки 1, які також можуть бути представницькими для вітроенергоцентра з набагато більшим, ніж вітроенергетичні установки, спільно вводять свою вироблену потужність в цій точці 2' мережного підключення на стороні вітроенергетичної установки. Введена потужність P і введена реактивна потужність Q , якщо є, подаються тоді в точку 2' мережного підключення і вводяться в електричну мережу 4 електропостачання.

З'єднання між точкою 2' мережного підключення сторони вітроенергетичної установки і точкою 2" підключення мережної сторони не є нехтувано малим, і відповідно в точці 2' мережного підключення сторони вітроенергетичної установки встановлюється напруга V_{WP} сторони вітроенергетичної установки, в той час як в точці 2" підключення мережної сторони встановлюється напруга V_{Grid} .

Для керування напругою V_{WP} сторони вітроенергетичної установки реєструється і оцінюється в блоці 34 оцінки. Оцінка здійснюється спочатку так, що виміряні значення

приймаються блоком 36 вимірювання. Результати вимірювання подаються в тому числі на блок 38 керування стабілізацією, який також може позначатися як SVCS-блок, причому SVCS є скороченням англomовного терміну "Stability Voltage Control System" (система керування напругою стабільності). Блок 38 керування стабілізацією обчислює наказану величину для реактивної потужності Q_{Set} , що надається. Ця реактивна потужність, що встановлюється як відповідна приписана величина, буде передаватися на обидві вітроенергетичні установки 1 і передавалася б відповідно на всі вітроенергетичні установки в одній сумі. Ця приписана величина може передаватися як абсолютне значення, зокрема, тоді, коли вітроенергетичні установки мають однаковий розмір і піддаються впливу одного і того ж вітру. Але також як приписана величина може видаватися процентне значення, яке стосується властивостей відповідної вітроенергетичної установки, як, наприклад, номінальна потужність відповідної вітроенергетичної установки.

Крім того, блок 36 вимірювання також видає значення на блок 40 спостерігача, який з певних вимірювань значень визначає додаткові стани, як, наприклад, введена дійсна потужність або введена реактивна потужність, і далі передає свої результати на блок 42 моделі системи. Блок 40 спостерігача може, при необхідності, також визначати або виводити інформації про потребу в потужності.

Модель системи блока 42 моделі системи застосовується для того, щоб визначати максимальну ввідну дійсну потужність P_{max} і підводити її до вітроенергетичної установки 1. Також ця максимальна ввідна дійсна потужність може видаватися як абсолютне значення або відносне значення. Потрібно зазначити, що наочне представлення блока 34 оцінки повинно пояснювати структуру. У принципі, не потрібно, щоб блок 34 фізично був виконаний як самостійний пристрій.

Задана реактивна потужність Q_{Set} і максимальна дійсна потужність P_{max} видаються тоді на FACTS-блок 44 керування кожної вітроенергетичної установки 1. Позначення "FACTS" є скороченням від англomовного терміну "Flexible AC Transmission System" (гнучка система передачі змінного струму). FACTS-блок 44 керування перетворює приписані значення і відповідно керує інвертором 16, причому для цього він може враховувати також виміряні значення від станів з вітроенергетичної установки.

Зокрема, але не тільки, релевантні для стабільності наказані величини для стабільного введення живлення в мережу 4 можуть бути реалізовані за допомогою блока 34 оцінки. Зокрема, може задаватися робоча точка, яка є сприятливою відносно ввідної кількості енергії або величини потужності і стабільності. Зокрема, робоча точка може при цьому задаватися із запасом стабільності. Запас стабільності відносно ввідної реактивної потужності блок 38 керування стабільністю може при цьому реалізовувати за допомогою відповідного задання реактивної потужності Q_{Set} .

Фіг. 5 ілюструє чутливість підключеної до мережі вітроенергетичної установки і параметри впливу на неї. Характерним для поведінки мережі, а саме, в точці мережного підключення є мережний блок 50 згідно з фіг. 5. Мережний блок 50 наочно показує, що мережа може реагувати на впливи за допомогою зміни напруги. Як впливи в цьому випадку представлені зміни дійсної потужності ΔP і зміна реактивної потужності ΔQ . Вплив змін потужності враховує блок 52 дійсної потужності, і вплив змін реактивної потужності враховує блок 54 реактивної потужності. Блок 52 дійсної потужності показує часткову похідну напруги по дійсній потужності, і відповідно блок 54 реактивної потужності показує часткову похідну напруги по реактивній потужності. У цьому полягає можливість враховувати будь-яку динаміку поведінки мережі, тобто чутливість мережі, а саме, реакції на зміни дійсної потужності і реактивної потужності через відповідні часткові похідні, результат яких підсумовується в блоці 56 підсумовування. Мережний блок 50 разом з блоком 56 підсумовування враховує, таким чином, залежність напруги мережі в точці мережного підключення від двох параметрів, а саме — від дійсної потужності і реактивної потужності. Залежність в цьому випадку враховується по обох часткових похідних.

Зміни дійсної потужності виходять, зокрема, із змін швидкості вітру ΔV_W , яка впливає на блок 58 вітроенергетичної установки. Цей блок 58 вітроенергетичної установки показує вплив зміни швидкості вітру ΔV_W на зміну дійсної потужності ΔP , причому також повинно враховуватися керування вітроенергетичною установкою і враховується з цим блоком 58.

Зміна реактивної потужності ΔQ , хоча і може залежати від вітроенергетичної установки щонайменше від керування вітроенергетичною установкою, але слідує іншим, по суті незалежним від швидкості вітру взаємозв'язкам. Її зміна показується за допомогою блока 60 керування. Цей блок 60 керування для пояснення розділений на блок 62 задання реактивної потужності і FACTS-блок 64. Блок 60 керування і, тим самим, блок 62 задання реактивної потужності передусім залежать від відхилення ΔV напруги, а саме, в точці мережного

підключення, за вирахуванням заданого відхилення ΔV_{SET} напруги. Виходячи з цього результуючого відхилення напруги, блок 62 завдання реактивної потужності визначає ввідну реактивну потужність або залежно від зміни напруги задана зміна ввідної реактивної потужності. Вона передається на FACTS-блок 64, який відповідно реалізовує перетворення введення реактивної потужності або зміни введення реактивної потужності.

Блок 58 вітроенергетичної установки і блок 60 керування можуть також розумітися як передавальна функція відповідної вхідної величини, або блок 62 завдання реактивної потужності і FACTS-блок 64 можуть, відповідно, розумітися як передавальні функції, які зчленовані в блоці 60 керування.

На Фіг. 6 показано для одного варіанта виконання залежність напруги в точці мережного підключення залежно від введеної реактивної потужності Q і введеної дійсної потужності P . Реактивна потужність Q нормована по потужності S_{SC} короткого замикання мережі в точці мережного підключення, що досліджується і нанесена по осі абсцис. Потужність P також нормована по потужності S_{SC} короткого замикання мережі в тій же точці мережного підключення і нанесена по осі ординат. Напруга V_{PCC} є напругою в точці мережного підключення, нормованою номінальною напругою V_N . Ця нормована напруга в точці мережного підключення нанесена для різних значень, відповідно, як графік залежно від нормованої реактивної потужності Q і нормованої дійсної потужності P . Відповідно, графік або характеристика зі значенням 1 є тією характеристикою, яка представляє, при яких значеннях для реактивної потужності і дійсної потужності встановлюється номінальна напруга.

Наприклад, номінальна напруга встановлюється, якщо відносно потужності S_{SC} короткого замикання вводиться 10 % реактивної потужності Q і 50 % дійсної потужності P .

Графік на фіг. 6 показує властивості точки мережного підключення мережі з високим імпедансом, щонайменше відносно цієї точки мережного підключення.

Звичайно для представленої точки мережного підключення наведеної для прикладу мережі введення здійснювалося б приблизно в стандартній робочій області 200. Таким чином, здійснювалося б введення енергії з дійсною потужністю P , яка дорівнює приблизно 10 % потужності S_{SC} короткого замикання з введенням енергії приблизно 5 % реактивної потужності Q від потужності S_{SC} короткого замикання. При ідеалізованому припущенні, що введена дійсна потужність P відповідає номінальній потужності або потужності підключення генератора або сумі підключених до точки мережного підключення генераторів, введення 10 % потужності S_{SC} короткого замикання означало б те ж саме з тим, що потужність підключення P_{Gen} становить 10 % потужності S_{SC} короткого замикання. Таким чином, має місце відношення струму короткого замикання $\text{Scr} = S_{SC} / P_{\text{Gen}}$ приблизно дорівнює 10. Це відповідає приблизно середній точці представленої стандартної робочої області 200. На фіг. 6 для орієнтації показані додаткові відношення струмів короткого замикання Scr як короткі штрихи, а саме, для значень Scr , які дорівнюють 10; 6; 4; 2 і 1,5.

Однак відповідно до винаходу пропонується вводити помітно більше дійсної потужності P , а саме, в діапазоні від 60 до 70 % потужності S_{SC} короткого замикання. Відповідно, для цього необхідно передбачити введення від 20 до 30 % реактивної потужності Q відносно потужності S_{SC} короткого замикання, щоб напругу в точці мережного підключення підтримувати в діапазоні від 100 до 110 % номінальної напруги. При цьому потрібно зазначити, що введення 110 % номінальної напруги в точці мережного підключення не означає, що на споживачі може вимірюватися підвищена напруга близько 110 %. З одного боку, звичайно є мережна ділянка, яка не є нехтувано малою, між точкою мережного підключення і першим релевантним споживачем, з іншого боку, в мережі також можуть бути передбачені ступінчасті трансформатори, які у відомих межах можуть робити компенсацію. На таких заходах, які дуже індивідуально залежать від мережі, включаючи споживачів і виробників (генератори) і різні інші крайові умови, в рамках цієї заявки немає необхідності зупинятися. Необхідні заходи, в принципі відомі фахівцям в даній галузі техніки.

Цей запропонований діапазон показаний на фіг. 6 як збільшений робочий діапазон 210. При цьому збільшеному робочому діапазоні має місце відношення Scr струму короткого замикання, яке дорівнює 1,5. При такому відношенні струму короткого замикання досі ніякий гідний згадки генератор не підключався до мережі.

Уявлення з фіг. 6 є результатом мережного аналізу взятої за основу мережі відносно точки мережного підключення, що розглядається. Для цього, як пояснювалося вище, робився аналіз релевантних елементів в мережі і визначення за допомогою рішення матриці Якобі. При цьому виходить запропоноване уявлення з фіг. 6, відповідно до якого, виражаючись спрощено, характеристики відтворюють праворуч, таким чином, з вищою введеною реактивною потужністю Q також зростаючі напруги в точці мережного підключення. При зниженні реактивної потужності

Q, тобто ліворуч, напруга в точці мережного підключення зменшується. При цьому реактивна потужність Q не може зменшуватися довільно, і при дуже малій (вже негативній) реактивній потужності Q, залежно від відповідної дійсної потужності P, матриця Якобі стає сингулярною, тобто в математичному значенні невирішуваною. Сингулярна матриця Якобі означає, що має місце нестабільний стан. Відповідно, виходить межа 202 стабільності, яка відповідно вказана на лівій стороні уявлення на фіг. 6. Область, яка лежить зліва від межі 202 стабільності, тобто має відповідно вищу дійсну потужність P і/або нижчу реактивну потужність Q, є нестабільною областю 204. Суто передбачливо потрібно зазначити, що межа 202 стабільності не співпадає з окремою характеристикою значення напруги в точці мережного підключення, а повинна представлятися такою, що перерізає сімейство характеристик. Фактично сімейство характеристик не може перерізатися, тому що з тієї сторони межі 202 стабільності немає ніяких значень і, тим самим, також сімейства характеристик.

Переважаючий робочий діапазон, а саме, збільшений робочий діапазон 210, має, передусім, меншу відстань до межі 202 стабільності, ніж стандартний робочий діапазон 200. При цьому потрібно враховувати, що досі конкретні міркування і аналіз відносно мережних властивостей, як їх відтворює фіг. 6, не проводилися. Зокрема, не було відомо, або щонайменше не в показаній на фіг. 6 якості і кількості, відстань до межі стабільності, як вона представлена на фіг. 6 як межа 202 стабільності. Крім того, при встановленні великих електростанцій орієнтуються на критерій відношення струму короткого замикання, і він вибирається по можливості великим, переважно вищим або навіть помітно вищим, ніж 10. Невеликі генератори, такі як вітроенергетичні установки, досі, як правило, не підключалися до сильних мереж, які без великих зусиль витримували б підключення додаткової вітроенергетичної установки. У результаті здійснювалося б підключення, навмисно або ненавмисно, з високим відношенням S_{SC} струму короткого замикання.

Запропоноване рішення спочатку точно аналізує мережу відносно передбаченої точки мережного підключення, зокрема тим, що кількісно реєструються взаємозв'язки, такі як представлені на фіг. 6 і переважно на фіг. 7 і 8, що пояснюються нижче. Зокрема, такий аналіз здійснюється при повторному складанні і рішенні матриці Якобі для різних точок. На основі такого мережного аналізу може тоді встановлюватися межа стабільності згідно з межею 202 стабільності і вибиратися бажаний робочий діапазон згідно із збільшеним робочим діапазоном 210 за фіг. 6.

Додатково, пропонується, що регулювання вітроенергетичної установки виконується в значенні замкнутого контуру регулювання, як він представлений, наприклад, на фіг. 2 або також на фіг. 4. На фіг. 2 контур регулювання складається по суті з інвертора 16, трансформатора 18 і блока 22 керування, який враховує виміряні значення в точці 2 мережного підключення і керує інвертором 16, щоб тим самим встановлювати ввідну дійсну потужність P і реактивну потужність Q згідно зі стрілкою 20. Хоча регулювання може мати вплив на керування вітроенергетичної установки в області генератора 6, однак передусім описаний контур регулювання з інвертора 16, трансформатора 18 і блока 22 керування обходиться без механічних елементів і може реагувати дуже швидко. Для цього знання мережних властивостей в точці мережного підключення, тобто в точці 2 мережного підключення за фіг. 2, може спільно враховуватися, зокрема, спільно враховуватися в блоці 22 керування. Тим самим може бути реалізоване швидке регулювання, якому при цьому відома поведінка мережі в точці мережного підключення, зокрема, межа стабільності. Тим самим забезпечується можливість експлуатації вітроенергетичної установки або вітроенергоцентра - при необхідності також інші генератори - в бажаному робочому діапазоні, такому як збільшений робочий діапазон 210 за фіг. 6, і тим самим одночасно забезпечувати високу стабільність і надійність.

На Фіг. 7 і 8 показані чутливість напруги залежно від реактивної потужності Q і дійсної потужності P. На обох фіг. 7 і 8 застосовують, таким чином, однакові значення по абсцисі і ординаті, а саме, нормована реактивна потужність по абсцисі або нормована дійсна потужність по ординаті.

Показана чутливість напруги є зміною напругою при зміні дійсної потужності згідно з фіг. 7 або відповідно зміною напруги при зміні реактивної потужності згідно з фіг. 8. Іншими словами, представлена часткова похідна напруги в точці мережного підключення по дійсній потужності на фіг. 7 і часткова похідна напруги по реактивній потужності на фіг. 8. Таким чином, на фіг. 7 показана поведінка блока 52 дійсної потужності з фіг. 5. На Фіг. 8 показана поведінка блока 54 реактивної потужності з фіг. 5, причому в обох випадках уявлення зображене залежно від робочих точок, які визначаються за допомогою відповідно поточній введеній реактивній потужності Q і введеній дійсній потужності P. Значення відповідних характеристик стосуються точки мережного підключення з потужністю S_{SC} короткого замикання, що дорівнює 3,73 MBA на

наведених для прикладу двох вітроенергетичних установках з відповідною номінальною потужністю 2 МВт. Таким чином, за допомогою цього тестового пристрою могли б виконуватися тести при відношенні струму короткого замикання трохи менше, ніж 1. Але для проведених тестів застосовувалася відповідно поточна потужність тестового вітроенергоцентра як основа і встановлювалася як потужність підключення цільового вітроенергоцентра, тобто (фіктивного) досліджуваного вітроенергоцентра.

Відносно запропонованого варіанта виконання, тобто зразкової конфігурації, відповідно, описується зміна нормованої напруги відносно зміни потужності P в МВт або зміна реактивної потужності Q в Мвар. На фіг. 7 і 8, крім того, зображений бажаний, тобто збільшений робочий діапазон 210. Відповідно до цього чутливість напруги відносно змін дійсної потужності згідно з фіг. 7 становить приблизно від мінус 0,2 до мінус 0,4. Чутливість напруги в збільшеному робочому діапазоні 210 відносно змін реактивної потужності згідно з фіг. 8 становить приблизно від 0,3 до 0,5. Таким чином, запропоновано, для виконання вітроенергетичної установки, яка підключається до конкретної точки мережного підключення, цю чутливість напруги відносно змін дійсної потужності, як показано для прикладу на фіг. 7, і/або відносно змін реактивної потужності, як показано для прикладу на фіг. 8, реєструвати і враховувати при керуванні. Зокрема, ці значення повинні також враховуватися при керуванні і переважно також при розрахунку керування. Переважним чином, посилення регулятора вибирається залежно від чутливості, зокрема, чутливості напруги.

Зокрема, запропоновано, ці значення враховувати в замкнутому контурі регулювання, як він схематично здійснений за допомогою показаних на фіг. 2 елементів: інвертора 16, трансформатора 18 і блока 22 керування. При цьому трансформатору 18 не надається особливого значення, однак він часто повинен бути і може бути необхідним, щоб вже в точці 2 мережного підключення мати можливість вводити відповідно високу напругу. Зокрема, враховуються відомості про чутливість напруги в блоці 22 керування. Таким чином, при знанні цих значень може розраховуватися і реалізовуватися пропорційне керування або регулювання для конкретної точки мережного підключення. Тим самим можливо, від нинішніх великих значень відношення струму короткого замикання близько 10 і ще вище перейти до менших значень, наприклад, передбачити значення 1,5 для відношення струму короткого замикання, і тим самим експлуатувати вітроенергетичну установку в збільшеному робочому діапазоні 210, який для наочності показаний на фіг. 6-8.

Винахід пропонує, таким чином, зокрема, вітроенергетичну установку і, в кінцевому результаті, також вітроенергоцентр більше не підключати за колишнім принципом паралельного режиму роботи мережі, у випадку, якщо ємність мережі достатня, а навпаки, цілеспрямовано оцінювати точку підключення і ці відомості вже попередньо враховувати і потім підключати до неї пропорційну вітроенергетичну установку або парк вітроенергетичних установок. При цьому переважно також керування або регулювання, а також вибраний робочий діапазон, особливо відносно ввідної реактивної потужності Q і ввідної дійсної потужності P розташовувати пропорційно і ближче до межі стабільності, ніж це здійснювалося досі в даній галузі техніки. При цьому цілеспрямовано використовуються переваги вітроенергетичної установки, а саме — можливість швидко і цілеспрямовано реагувати на зміни, зокрема, зміни станів мережі. Тим самим в будь-якому випадку для підключення вітроенергетичних установок уникають розрахунку з надмірним запасом мережі, особливо, конкретної точки мережного підключення. Точно так само стабільність може підтримуватися або навіть поліпшуватися, якщо керування або регулювання дуже точно знає властивості точки мережного підключення або мережі відносно точки мережного підключення і спостерігає стани в мережі.

Суто передбачливо потрібно ще зазначити, що під регулюванням в принципі розуміється замкнутий контур регулювання із зворотним зв'язком, причому керування в принципі означає відкритий "контур регулювання", тобто ситуацію без зворотного зв'язку. Аналогічно, блок керування, який в свою чергу реалізовує спосіб керування, може використовуватися в контурі регулювання. Для прикладу на фіг. 2 це означає, що блок 22 керування є керуванням остільки, оскільки він має певну функцію керування або передавальну функцію, яка також може бути нелінійною і/або ступінчастою і/або може стосуватися декількох параметрів. Цей блок керування використовується в контурі регулювання, який представлений на фіг. 2 і по суті нарівні з блоком 22 керування містить інвертор 16, трансформатор 18 і, нарешті, блок вимірювання в точці 2 мережного підключення з блоком 23 порівняння. Блок 22 керування керує, таким чином, інвертором і для цього пов'язаний із замкнутим контуром регулювання і, тим самим, є частиною регулювання.

На Фіг. 10 схематично показана на верхній діаграмі характеристика зміни напруги в точці введення енергії залежно від часу. На нижній діаграмі показана відповідно характеристикою

зміни ввідної дійсної потужності P для того ж часу. Відповідно до цього в момент часу t_0 має місце напруга V зі значенням V_0 . Ця напруга V_0 є нормальною напругою і можливо, наприклад, номінальною напругою у відповідному місці. Одночасно вводиться потужність P , яка відповідає приблизно бажаному значенню P_0 , що, наприклад, може бути номінальною напругою відповідної вітроенергетичної установки, якщо є достатній вітер. Ввідна потужність P може мати незначні коливання, на чому в цьому випадку немає необхідності зупинятися. У принципі, взята за основу вітроенергетична установка - також може братися до уваги вітроенергоцентр - експлуатується в робочій точці, в якій ця дійсна потужність P вводиться приблизно зі значенням P_0 .

Якщо виникають проблеми стабільності, то, наприклад, напруга V може почати коливатися і ставати нестабільною. На Фіг. 10 показано для цього на верхній діаграмі для прикладу наростання напруги, поки напруга V нарешті не знизиться нижче граничного значення V_{\min} . Це спадання може також виникати, наприклад, і без попереднього наростання. Щонайменше напруга V до моменту t_F спадає нижче цього граничного значення V_{\min} напруги. Після цього введення енергії переривається, і напруга V спадає до значення, яке дорівнює 0. Одночасно ввідна потужність спадає до 0.

Тепер намагаються якнайшвидше відновити введення енергії. У цьому значенні до моменту часу t_R введення енергії знову поновлюється, і ввідна дійсна потужність P якомога найбільш скоро і якомога більш швидко підвищується. Відповідно, також підвищується напруга V до моменту часу t_R . В ідеальному випадку напруга V при введенні першої дійсної потужності P стрибкоподібно підвищується на номінальне значення V_0 . Ця ідеалізованим чином представлена характеристика зміни може, однак, пройти і по-іншому.

Для того, щоб якомога швидше мати можливість знову поновлювати введення дійсної потужності P , вітроенергетична установка залишається по можливості також безпосередньо після виникнення несправності до моменту часу t_F зв'язаною з мережею, так що у час від t_F до t_R , хоча потужність P і не вводиться, однак установка залишається з'єднаною з мережею. Такий стан в даній заявці позначається як режим нульової потужності або як так званий ZPM (Zero Power Mode - режим нульової потужності).

Таким чином, забезпечується можливість максимально швидкого поновлення введення потужності в мережу і підвищення ввідної дійсної потужності P . Але тепер пропонується цю ввідну дійсну потужність P підвищувати тільки до меншої обмеженої, тобто лімітованої, дійсної потужності P_{Limit} . У цьому відношенні вітроенергетична установка до моменту часу t_L експлуатується в обмеженій робочій точці. Ця обмежена робоча точка в цьому випадку, зокрема, представлена зниженою ввідною дійсною потужністю P . Вітроенергетична установка має, таким чином, змінену, стабілізовану робочу точку, яка зокрема, має вищий запас стабільності, який також позначається як запас стабільності, відносно межі стабільності. Таким чином, вітроенергетична установка може сприяти підтримці мережі, що здійснюється за рахунок меншої ввідної дійсної потужності P .

Робоча точка, яка в цьому випадку по суті досягається до моменту часу t_L , відрізняється від робочої точки, в якій вітроенергетична установка експлуатується перед моментом часу t_F , через змінену дійсну потужність. Але робочі точки можуть також додатково або замість цього відрізнятися іншими параметрами, зокрема, введеною реактивною потужністю.

Час від моменту часу t_F втрати стабільності до поновлення введення енергії до моменту часу t_R позначається як час T_W поновлення. Таким чином, справедливе $T_W = t_R - t_F$. Час від поновлення до моменту часу t_R до досягнення обмеженого значення потужності до моменту часу t_L позначається як час T_H збільшення. Таким чином справедливо $T_H = t_L - t_R$.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб керування генератором (1) електричної енергії, підключеним в точці (2) мережного підключення до електричної мережі (4) електропостачання, що включає етапи:

- введення електричної потужності в електричну мережу (4) електропостачання, причому генератор працює в першій робочій точці,
- переривання введення, так що потужність не вводиться в електричну мережу (4) електропостачання, коли має місце або індукуюється несправність в електричній мережі (4) електропостачання або несправність введення в електричну мережу (4) електропостачання,
- поновлення введення, так що електрична потужність знову вводиться в електричну мережу (4) електропостачання,

причому генератор (1) виконує поновлення введення у другій робочій точці або відповідно переходить в цю другу робочу точку, і друга робоча точка порівняно з першою робочою точкою

розрахована таким чином, що введення в мережу (4) електропостачання виконується з вищим запасом стійкості.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що

генератор (1) є децентралізованим генератором (1) і/або вітроенергетичною установкою (1) або вітроенергоцентром, що містить декілька вітроенергетичних установок (1), і/або що генератор (1) для введення застосовує введення на основі напруги (VSC), і/або що генератор (1) при перериванні введення залишається з'єднаним з мережею (4) електропостачання і/або залишається в режимі роботи.

3. Спосіб за п. 1 або 2, який **відрізняється** тим, що

генератор (1) у другій робочій точці вводить в мережу (4) електропостачання менше дійсної потужності і/або менше реактивної потужності, ніж в першій робочій точці, причому
- дійсна потужність знижується на щонайменше 10 %, або
- реактивна потужність знижується на щонайменше 10 %.

4. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що

поновлення введення здійснюють таким чином, що реактивна потужність, що вводиться, змінюється швидше, ніж дійсна потужність, що вводиться, так що значення реактивної потужності другої робочої точки досягається швидше, ніж значення дійсної потужності другої робочої точки, і/або так що значення реактивної потужності першої робочої точки досягається швидше, ніж значення дійсної потужності першої робочої точки.

5. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що

спочатку встановлюють реактивну потужність на значення першої або другої робочої точки, щоб тим самим досягнути мережної підтримки, і потім встановлюють дійсну потужність, і/або що реактивну потужність і дійсну потужність відповідно встановлюють або підвищують за допомогою часової лінійно зростаючої функції, і лінійно зростаючу функцію вибирають таким чином, що значення реактивної потужності другої робочої точки досягається раніше, ніж значення дійсної потужності другої робочої точки, і/або що значення реактивної потужності першої робочої точки досягається раніше, ніж значення дійсної потужності першої робочої точки.

6. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що

при поновленні введення дійсну потужність, що вводиться, встановлюють із заданою характеристикою зміни, і при цьому реактивну потужність, що вводиться, супутнім чином направляють так, що вона діє зі стабілізацією напруги, причому реактивною потужністю керують.

7. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що

- поновлення (T_w) введення здійснюють в межах попередньо визначеного часу поновлення після переривання, і вибирають час (T_w) поновлення менше ніж 10 секунд, і/або що
- при поновленні в межах попередньо визначеного часу (T_d) збільшення здійснюють перехід у другу робочу точку.

8. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що запас стійкості є

- найменшою різницею між введеною реактивною потужністю і реактивною потужністю межі (202) стійкості,

- найменшою різницею між введеною дійсною потужністю і дійсною потужністю межі (202) стійкості, або

- найменшою різницею між напругою в точці (2) мережного підключення і напругою межі (202) стійкості,

або обчислюється залежно від щонайменше однієї з цих різниць, причому

- межа (202) стійкості є функцією мережної напруги в точці (2) мережного підключення залежно від введеної реактивної потужності і/або залежно від введеної дійсної потужності, і/або

- межа (202) стійкості задається як зігнута поверхня в просторі, що охоплюється мережною напругою в точці (2) мережного підключення, введеною реактивною потужністю і введеною дійсною потужністю, і/або

- межа (202) стійкості є функцією введеної дійсної потужності залежно від введеної реактивної потужності, або навпаки.

9. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що переривання введення здійснюють, якщо

- в точці (2) мережного підключення виникає або індукується втрата стійкості мережі (4) електропостачання і/або введення в мережу (4) електропостачання,

- був зареєстрований надструм в мережі (4) електропостачання і/або в точці (2) мережного підключення,

- була зареєстрована несправність в мережі (4) електропостачання,

- було зареєстроване спадання напруги в мережі (4) електропостачання і/або в точці (2) мережного підключення,
- були виконані перемикання мережі і/або секціонування трансформаторів в мережі електропостачання,
- 5 - виникають шквалисті пориви вітру.
- 10. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що при реєстрації втрати стійкості, загрозливої в точці (2) мережного підключення, і/або при поновленні введення
- здійснюють перемикання з нормального керування на керування стабілізацією, яке керує генератором з вищою стабільністю порівняно з нормальним керуванням,
- 10 - дійсну потужність, що вводиться, генератора (1) обмежують значенням, меншим, ніж максимальне значення генератора (1), або значенням, меншим, ніж номінальна потужність генератора (1), і/або
- як генератор (1) передбачається вітроенергоцентр з декількома вітроенергетичними установками (1), і здійснюється перемикання з нормального керування на централізоване керування вітроенергоцентром, яке координуваним чином керує вітроенергетичними установками (1) у вітроенергоцентрі, щоб тим самим протидіяти втраті стійкості.
- 15 11. Спосіб за п. 10, який **відрізняється** тим, що перемикання на керування стабілізацією, обмеження дійсної потужності і/або застосування централізованого керування вітроенергоцентром підтримується доти, поки не буде зареєстровано, що втрата стійкості більше не загрожує.
- 20 12. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що після реєстрації втрати стійкості, загрозливої в точці (2) мережного підключення, і/або після поновлення введення за допомогою зовнішнього сигналу від керування стабілізацією керування генератором повертається в нормальне керування і/або припиняється обмеження дійсної потужності, що вводиться.
- 25 13. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що передбачений вітроенергоцентр з декількома вітроенергетичними установками (1), причому кожна вітроенергетична установка (1) утворює генератор (1), і після переривання введення однієї або декількох вітроенергетичних установок (1) вони індивідуально поновлюють введення і перемикаються з нормального керування на керування стабілізацією, яке керує відповідною вітроенергетичною установкою з підвищеною стійкістю порівняно з нормальним керуванням.
- 30 14. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що поновлення введення здійснюють, коли несправність усунута повністю або частково.
- 35 15. Спосіб за п. 1 або 2, який **відрізняється** тим, що генератор (1) у другій робочій точці вводиться в мережу (4) електропостачання менше дійсної потужності та/або менше реактивної потужності, ніж в першій робочій точці, причому
- дійсна потужність знижується на щонайменше 20 %, або
- реактивна потужність знижується на щонайменше 20 %.
- 40 16. Спосіб за п. 4, який **відрізняється** тим, що зміна реактивної потужності включає її підвищення.
- 17. Спосіб за п. 5, який **відрізняється** тим, що встановлення дійсної потужності включає її підвищення.
- 18. Спосіб за п. 6, який **відрізняється** тим, що установка дійсної потужності включає її підвищення в лінійно зростаючій формі, а реактивною потужністю керують на основі зареєстрованої перед цим мережевої характеристики електричної мережі електропостачання.
- 45 19. Спосіб за п. 8, який **відрізняється** тим, що запас стійкості обчислюється з щонайменше однієї з цих різниць з:
- найменшої різниці між введеною реактивною потужністю і реактивною потужністю межі (202) стійкості,
- 50 - найменшої різниці між введеною дійсною потужністю і дійсною потужністю межі (202) стійкості, або
- найменшої різниці між напругою в точці (2) мережевого підключення та напругою межі (202) стійкості.
- 55 20. Спосіб за п. 9, який **відрізняється** тим, що як несправність реєструють коротке замикання в мережі (4) електропостачання.

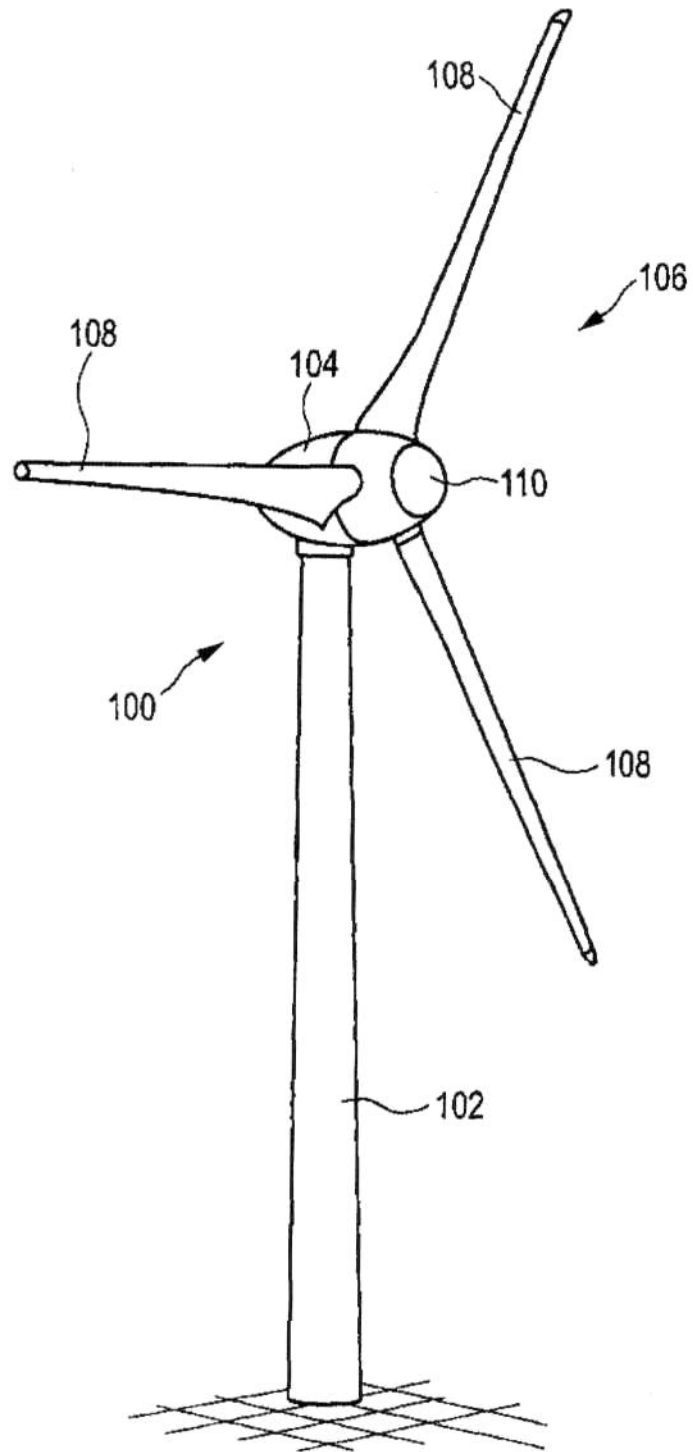
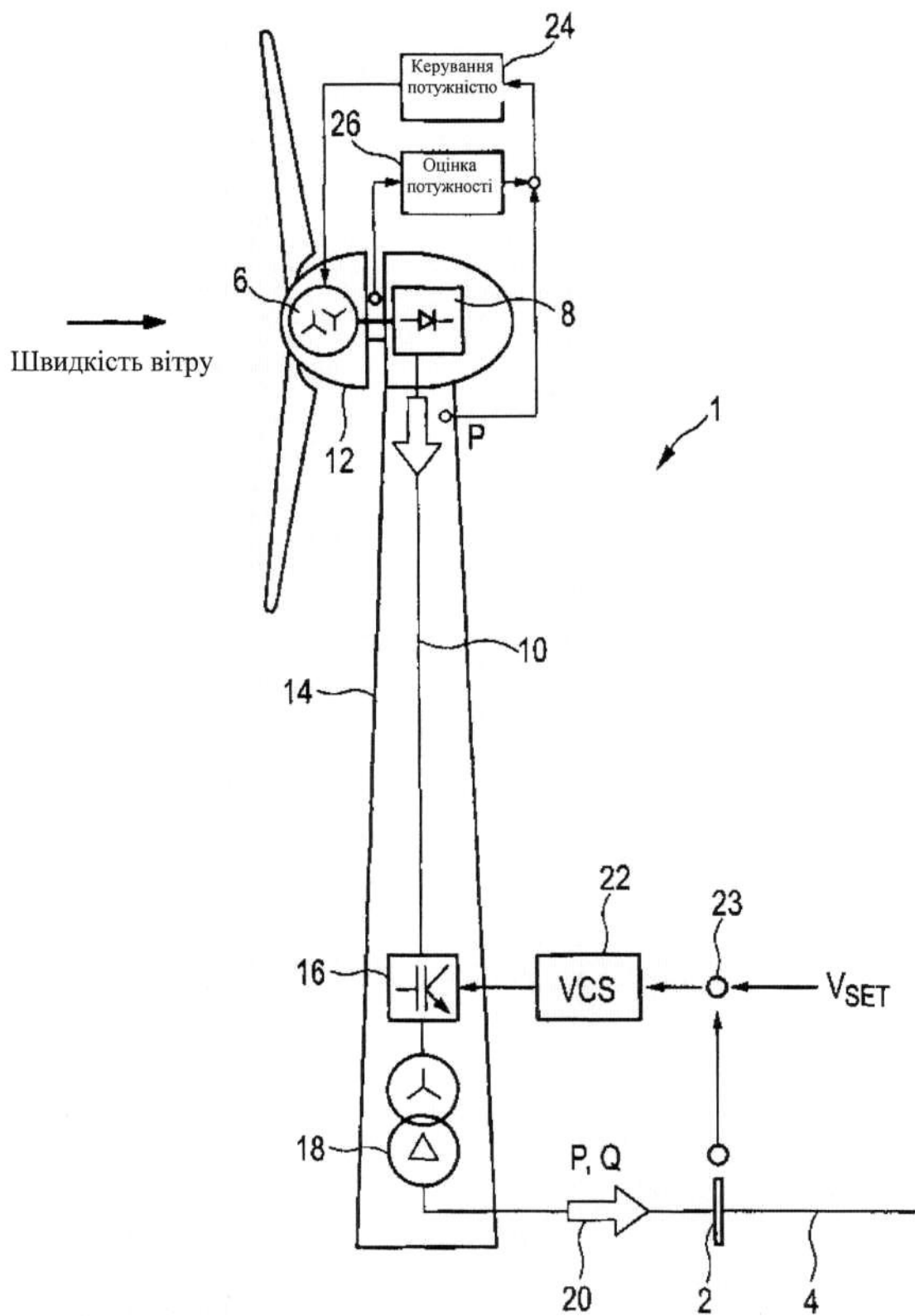
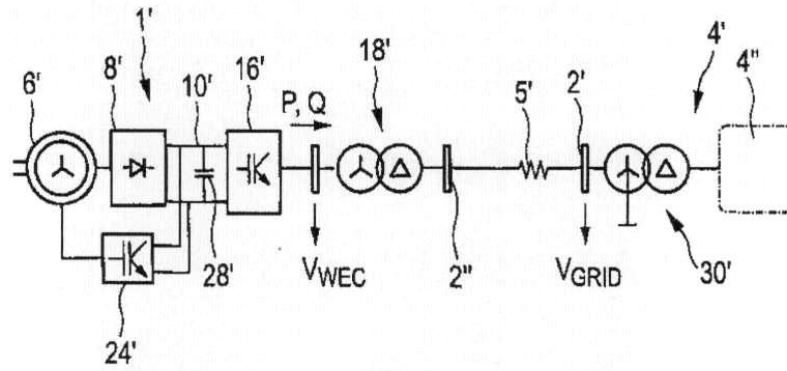


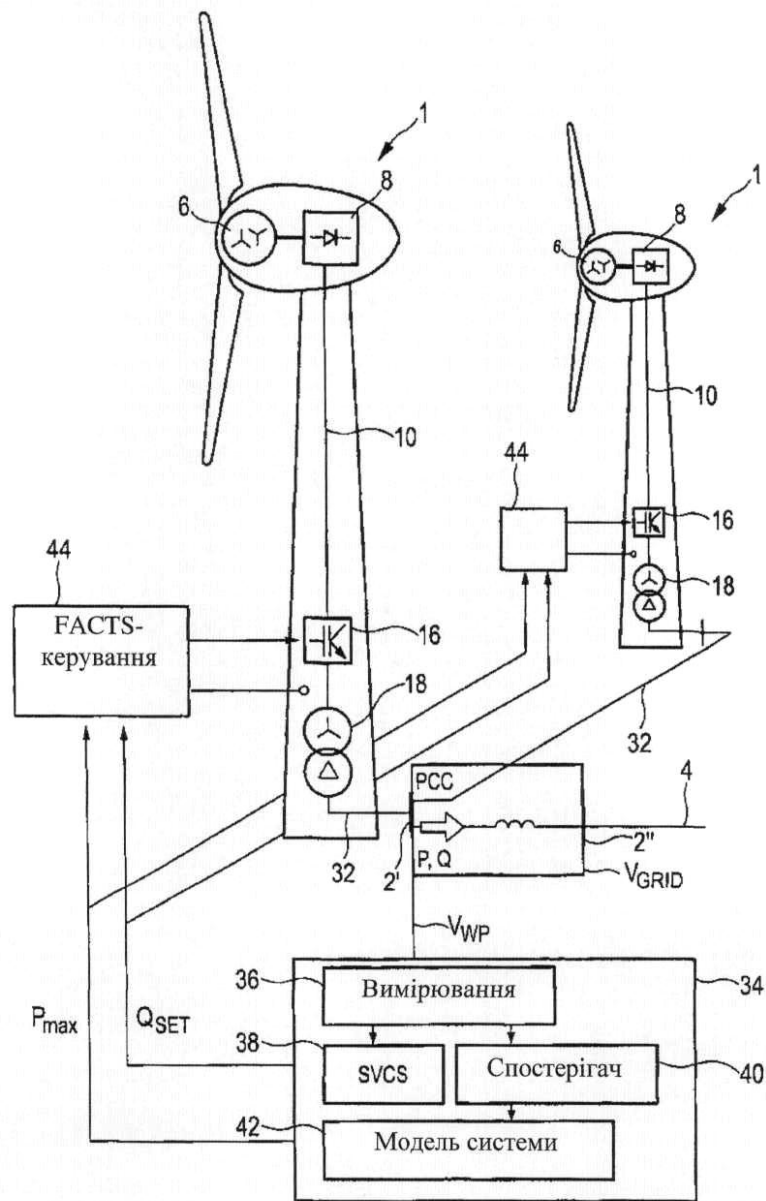
Fig. 1



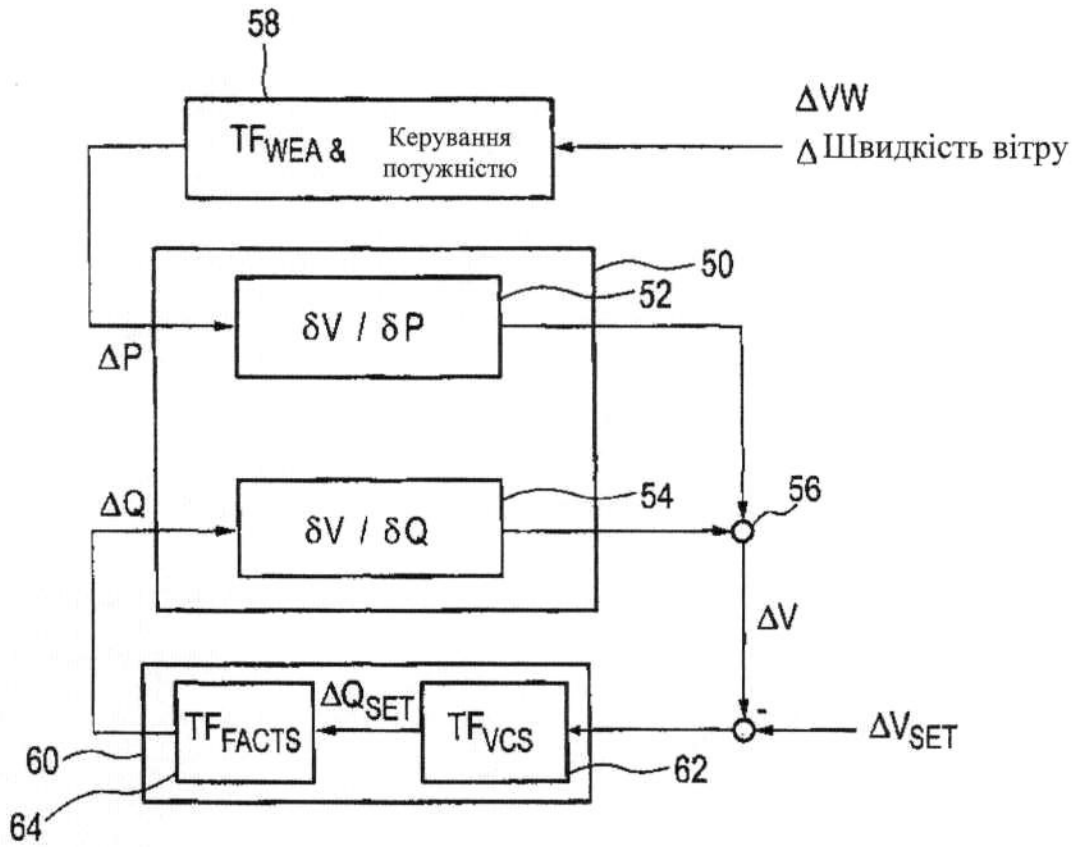
Фиг. 2



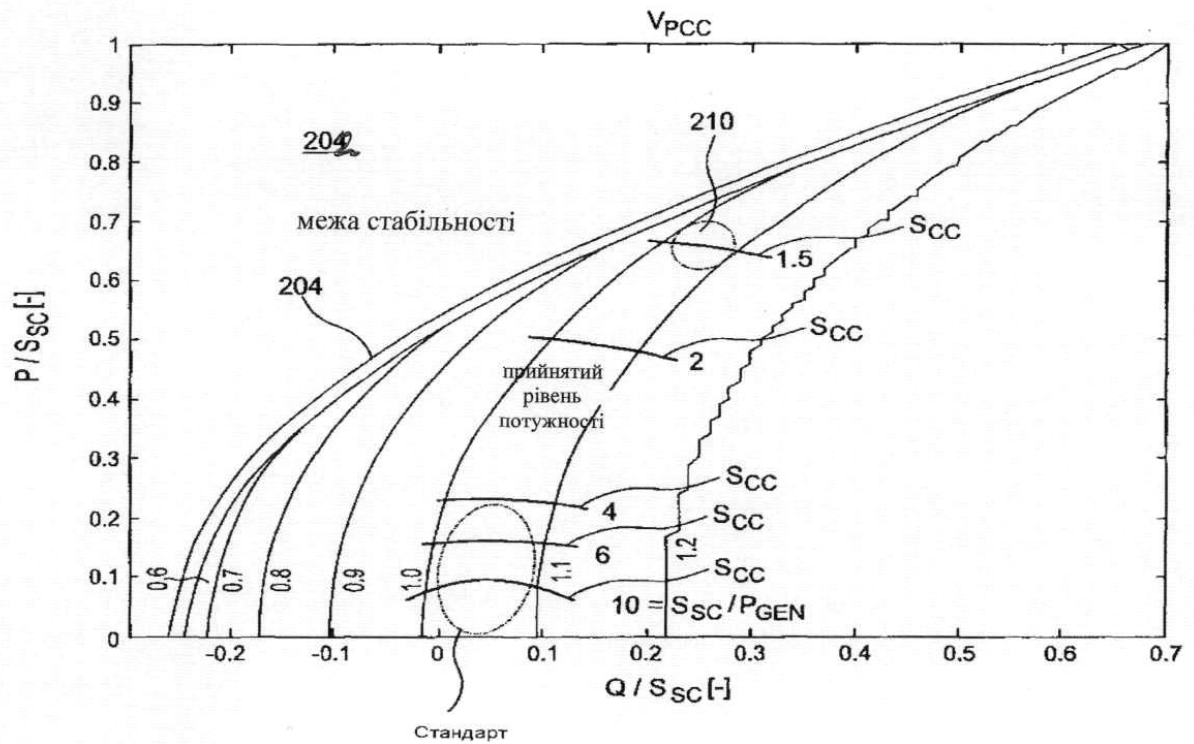
Фиг. 3



Фиг. 4

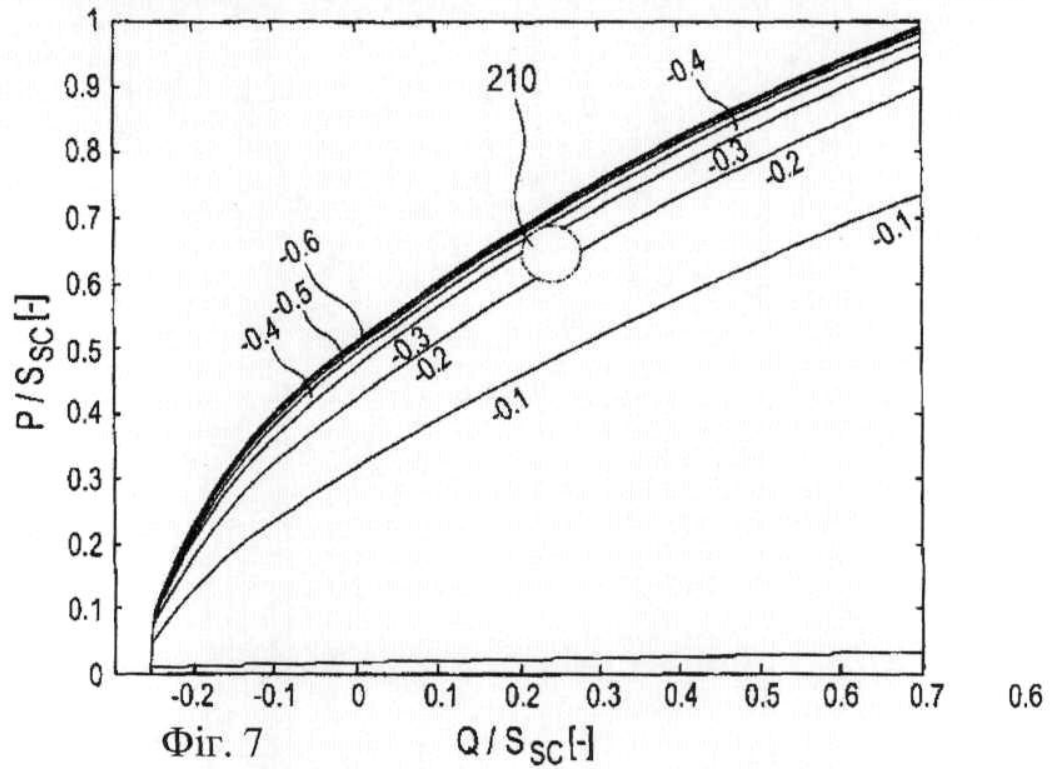


Фіг. 5



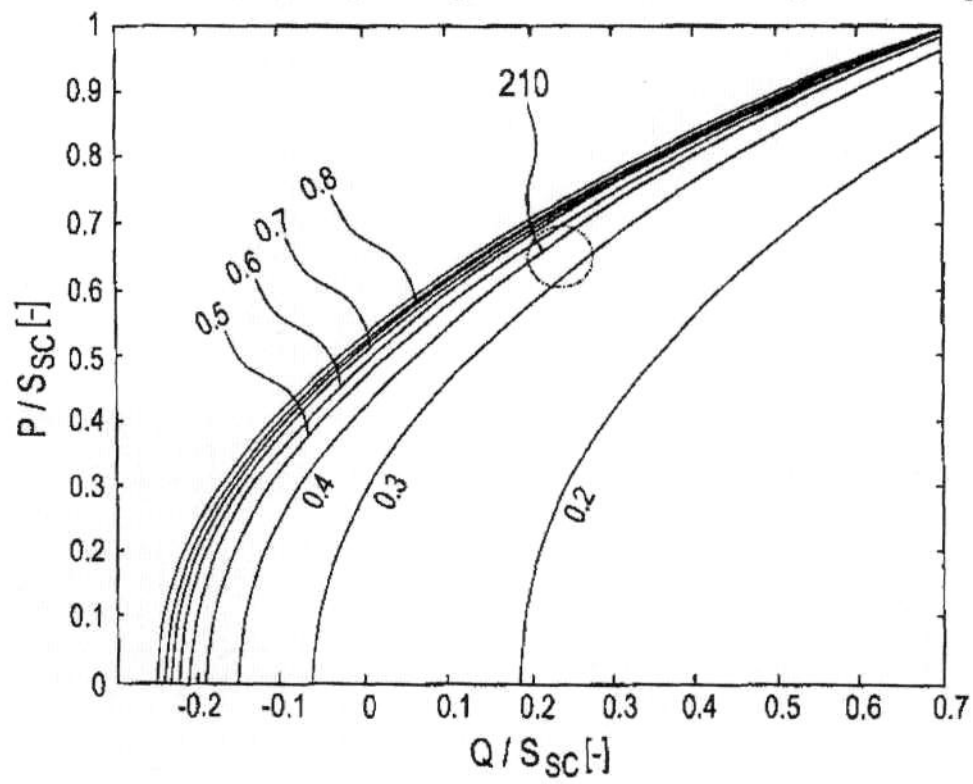
Фіг. 6

Інтенсивність напруги [$\mu\text{Вт}$] в РСС залежно від потужності Мікро-WEA

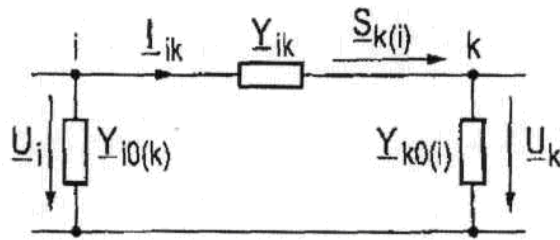


Фіг. 7

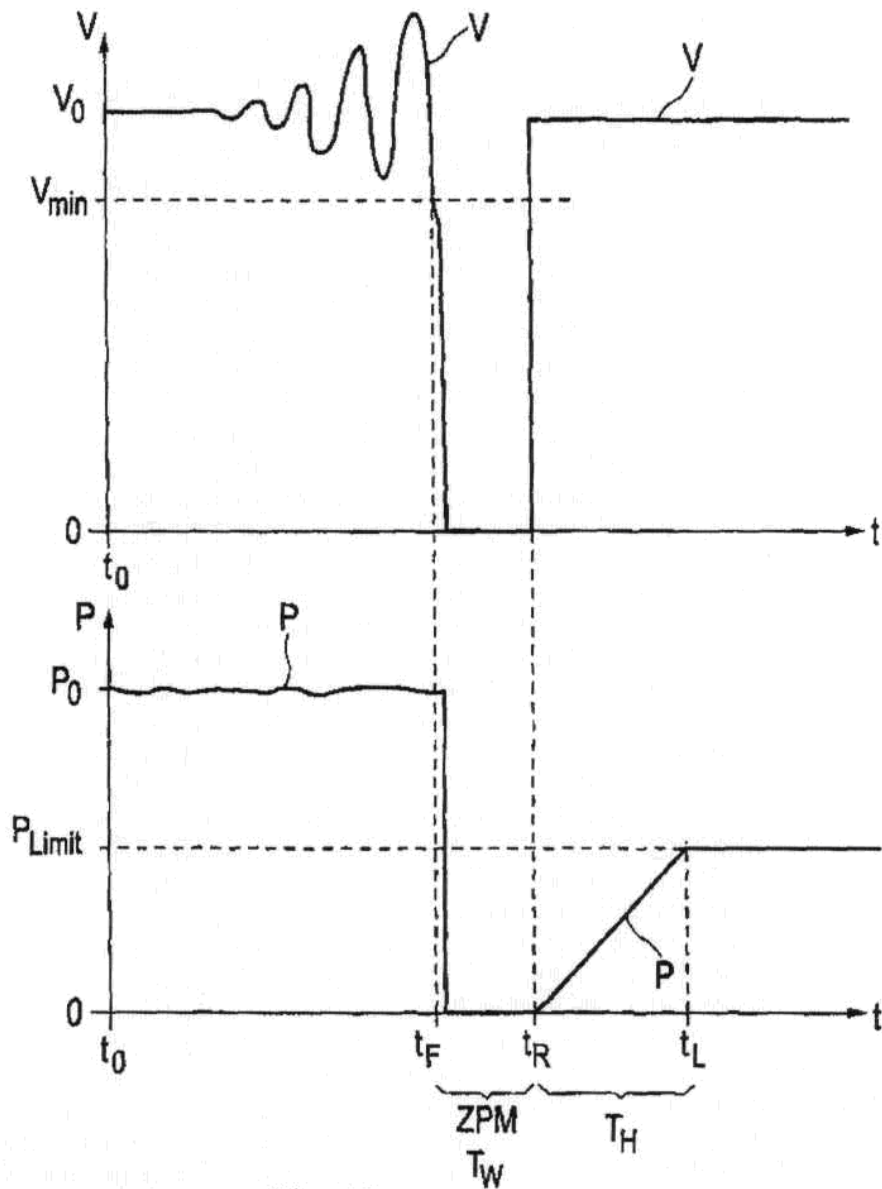
Інтенсивність напруги [$\mu\text{Вар}$] в РСС залежно від потужності Мікро-WEA



Фіг. 8



Фіг. 9



Фіг. 10

Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601