

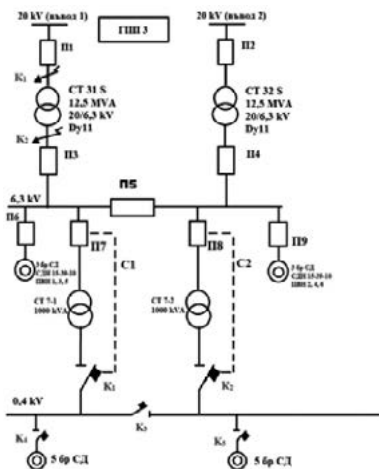
ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ПОВИШАВАНЕ НА НАДЕЖНОСТТА И УСТОЙЧИВОСТТА ПРИ ЕКСПЛОАТАЦИЯТА НА СИНХРОННИТЕ ДВИГАТЕЛИ В ХИМИЧЕСКАТА ПРОМИШЛЕНОСТ

Тодоров В. В.
МГУ „Св. Иван Рилски“ – София

Abstract: В работата са анализирани възможностите за постигане на подобрена надежност и устойчивост на група синхронни двигатели (СД) на СН и НН в голям химически завод. Представени са количествени стойности за времената на задействане на релейните защиты и АВР с цел ненарушаване на синхронизма на СД.

I. Въведение

Масовото използване на СД в химическата промишленост налага търсене на режимни и схемотехнически постановки, осигуряващи висока устойчивост и надежност при тяхната експлоатация. Кратковременно прекъсване на електроснабдяването, вследствие на различни к.с., може да бъде причина СД да излезе от синхронизъм и да се предизвикат смущения от технологичен характер. За подобряване надежността и устойчивостта на СД, се използват различни схемни решения с АВР и др. средства за автоматично управление, като в настоящото изследване се разглеждат подобни възможности.



Фиг. 1 Фрагмент от ЕСС на ф. Солвей Соди

II. Изследователски процес

В химическата промишленост намират широко приложение синхронните двигатели, използвани при различни технологични процеси. В това отношение, голям промишлен обект с масово инсталирани СД е ф. „Солвей Соди“, гр. Девня.

Фирмата произвежда лека и тежка калцинирана сода, сода бикарбонат, разсол, вар и други химически съединения. Захранването на фирмата се осъществява от ТЕЦ „Девен“, който е свързан с ЕЕС на страната посредством три въздушни електропровода на 110 kV – две линии идват от ГПП „Полимери“ и една (Соди-Моряк) от ТЕЦ Варна. В ТЕЦ-а е изградена диспечерска система “SC ADA POWER CC” на ф. Сименс, чрез която се контролира електроснабдяването на Солвей - Соди, в това число генератори, СТ и оперативни превключвания [5,12].

ЕСС на ф. „Солвей Соди“ е изградена от едно ГРП №1, две ГПП (№2 и №3) и двадесет и пет ЦП. Силовите трансформатори в ГПП са 2x20 MVA и 2x12,5 MVA, а в ЦП са съответно 55 бр. x 1000 kVA; 8 бр. X 1600 kVA и 5 бр. X 2000 kVA.

Поради ниските стойности на $\cos \varphi$, които варират в границите $\cos \varphi = 0,77 \div 0,86$ [2,5], се извършва компенсация на реактивните товари (КРТ) с помощта на кондензаторни батерии (КБ), а също и с помощта на 6 от осемте СД, захранени от ГПП 3 на 6 kV и задвижващи Помпи с високо налягане ПВН 1, 2, ... 6 (фиг.1). СД са ... с управляема тиристорно възбудителна система тип ТВЕ 320/75 Т - 6 УХЛ4 с номинално напрежение и ток съответно $V_H = 59 \text{ V}$; $I_H = 320 \text{ A}$. Данните за СД, работещи с коефициент на натоварване $\beta = 0,3 \div 0,7$ са представени в табл. 1.

Таблица 1

| Техн. позиции | ПВН № 1 | ПВН № 2 | ПВН № 3 | ПВН № 4 | ПВН № 5 | ПВН № 6 |
|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Тип на СД | СДН 15-39-10 | СДН 15-39-10 | СДН 15-39-10 | СДН 15-39-10 | СДН 15-39-10 | СДН 15-39-10 |
| P_H (kW) | 1 000 | 1 000 | 1 000 | 1 000 | 1 000 | 1 000 |
| Q_H (kVAr) | 511 | 511 | 511 | 511 | 511 | 511 |
| U_H (kV) | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| I_H (A) | 113 | 113 | 113 | 113 | 113 | 113 |
| КПД (%) | 94,6 | 94,6 | 94,6 | 94,6 | 94,6 | 94,6 |
| $\cos(\varphi)$ I – I | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |
| Обороти (S ⁻¹) | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 |
| Компенсирателна Способност (%) | 45,5 | 45,5 | 45,5 | 45,5 | 45,5 | 45,5 |

За група от N паралелно работещи еднотипни СД с еднакъв режим на работа и сумарна реактивна мощност Q, големината на сумарните загуби $\Delta P_{\text{СД}}$ се определят изразом:

$$\Delta P_{\text{СД}} = \frac{D_1}{Q_{\text{НСД}}} \cdot Q + \frac{D_2}{Q_{\text{НСД}}} \cdot Q^2 \quad (1)$$

където D_1 и D_2 [kW] – коефициенти, зависещи от техническите параметри на СД ($D_1 = 7,66$ kW, $D_2 = 5,38$ kW)

Ако до присъединяване на разглежданите СД с обща реактивна мощност Q, се е генерирала за К.Р.Т. реактивна мощност Q_0 , то тогава в съответствие с (1) $\Delta P_{\text{СД}}$ се определя като разлика на общите загуби $\Delta P_{\text{ОБЩО}}$, определени от реактивната мощност $Q+Q_0$ и загубите ΔP_0 , определени от реактивната мощност Q_0 , т.е. [1,2]:

$$\Delta P_{\text{СД}} = \Delta P_{\text{ОБЩО}} - \Delta P_0 =$$

$$= \left[\frac{D_1}{Q_{\text{осд}}} (Q + Q_0) + \frac{D_2}{Q_{\text{нсд}} \cdot N} (Q + Q_0)^2 \right] - \left(\frac{D_1}{Q_{\text{нсд}}} Q_0 + \frac{D_2}{Q_{\text{нсд}} \cdot N} Q_0^2 \right)$$

или:

$$\Delta P_{\text{сд}} = \frac{D_1}{Q_{\text{нсд}}} \cdot Q + 2 \frac{D_2}{Q_{\text{нсд}}} \cdot Q_0 Q + \frac{D_2}{Q_{\text{нсд}} \cdot N} \cdot Q^2 \quad (2)$$

Следователно, след присъединяване и използване на СД за К.Р.Т. възникват допълнителни загуби на активна мощност, които се определят като сума от три съставлящи – първата е пропорционална на Q , втората на $Q_0 \cdot Q$ и третата на Q^2 . Тези допълнителни загуби оказват съществено влияние върху експлоатацията на СД и се изисква да бъде извършена оценка на тази надеждност [1,2,5,10,11].

В представената на Фиг. 1 еднолинейна схема, силовите трансформатори 31 S и 32 S работят разделно, а СТ 7-1 и 7-2 са в паралел. Секционния прекъсвач П5 е съоръжен с двустранно АВР, което реагира на отпадане на напрежението в една от двете секции на 6,3 kV в ГПП 3 [4,5,8,9].

Нарушаване на електроснабдяването може да имаме при настъпване на някоя от следните аварийни състояния – трифазни, двуфазни и еднофазни к.с. с директно заземен звезден център; трифазно и двуфазно к.с. в силовите трансформатори или при нерегламентирано (лъжливо) изключване на прекъсвачите.

При традиционните схемотехнически решения, к.с. в т. K_1 или K_2 ще предизвика изключване на въвод 1 от прекъсвача П1, задействане на АВР и включване на прекъсвач П5, като в най-общия случай ще се наруши синхронизма на включените към първа секция на ГПП 3 три броя СД. При по-натоварените СД не се наблюдава процес на самопускане и те въобще не могат отново да влязат в синхронизъм. Това води до разстройване на технологичния процес и съществени загуби на фирмата от непроизведена продукция.

Възможността СД да не изпаднат от синхронизъм може да се реализира чрез бързо отстраняване на смущаващото въздействие. Ако продължителността на прекъсване на електроснабдяването е в границите (0,12 ÷ 0,2) секунди, двигателят запазва синхронната честота на въртене и не предизвиква нарушаване на технологичния процес [3,4,7].

В конкретния случай се използва бързо действащо АВР, което обезпечава, при възникнало трифазно к.с. в т. K_1 или K_2 , превключване на работната секция на 6,3 kV към резервния източник за време по-малко от 0,2 сек. За целта секционния прекъсвач П5 има собствено време на включване в границите (0,05÷0,07) сек.

АВР се задейства с помощта на телеуправление от диференциалната защита на шинната система, към която е включен прекъсвач П1, който няма времезадръжка. При неизползване на телеуправление, АВР се активира от диференциалната защита на СТ31S или газовата защита на трансформатора, а при лъжливо сработване – от защитата на прекъсвач ПЗ.

При трифазно к.с. в т. K_2 , напрежението на първа секция 6,3kV спада до нула. Контур, образуван от двата цехови трансформатора СТ 7 – 1 и СТ 7 – 2 до т. K_2 , може да се разглежда като делител на напрежение със средна точка шинната система 0,4 kV. Следователно напрежението на шините ще бъде не по-малко от $0,5 \approx 200$ V. Контактите K_1 и K_5 имат напрежение на изключване $U_{изкл.} \approx (0,25 \div 0,4) U_{н}$ и дават възможност СД на НН да останат включени [3,5,16].

След изключване на к.с. от прекъсвач П1 и преди АВР да включи секционния прекъсвач П5, синхронните двигатели към първа секция на 6,3 kV се захранват от СТ 7 – 1 и СТ 7 – 2, като те работят претоварени около 5÷6 пъти за период от време, по-малък от 0,2 сек., което е допустимо от гледна точка на електродинамична устойчивост за СТ ($I^n = 15 I_{н}$).

При възникване на аварийна ситуация в паралелно работещи СТ 7 – 1 и СТ 7 – 2, с цел на нейното локализиране е въведено едновременно изключване на контактори K_1 и K_2 заедно с прекъсвачи П7 и П8. За целта са осъществени комуникационни връзки C_1 и C_2 , осигуряващи предаване на управляващи импулси по тези канали [6,13,14,15,].

III. Заключение

При внезапна загуба на напрежение на клемите на СД е целесъобразно да се използват подходящи схемни решения с бързо действащи релейни защиты и АВР, чрез които се подобрява надеждността и устойчивостта на СД на СН и НН. Ефективността на конкретна схемотехническа постановка, анализирана на база на формулираните изисквания, е потвърдена при работата на група СД в ЕСС на ф. „Солвей Соди“, като в процеса на експлоатация са получени много добри технически характеристики.

Използвана литература:

- [1] Карпов Ф. Ф., Компенсация реактивной мощности распределительных сетях, М, Энергия 1975.
- [2] Киров Р. М. И др., Относно възможностите за постигане на оптимална компенсация на реактивните товари в промишлени обекти при

- съвременните условия на експлоатация на ЕСС, ELMA 2011, Varna, стр 211-214, ISSN 1313-4965
- [3] Галицин А. А., Задернюк А. Ф., Опередаящее АВР на подстанциях магистральных хефтепроводов, ПЭ, №8, 1986, стр. 33-36
 - [4] Гамазин С. Н. и др., Нетрадиционный способ повышения надежности электроснабжения ответственных промышленных потребителей электроэнергии, М., Сборник трудов МЭИ, №210, 1989г.
 - [5] Киров Р. М. И др., Оптимизиране компенсацията на реактивните товари, извършвана с помощта на синхронни двигатели и кондензаторни батерии в ЕСС на мощни промишлени обекти, ELMA 2011, Varna, стр. 205-210, ISSN 1313-4965
 - [6] Румен Киров, Илиан Илиев- Изследване и оптимизация компенсацията на реактивните товари при нелинейно натоварване. стр.125-132, Енергиен форум, сборник част първа, 24-26 юни 2015г.
 - [7] Проиков М.А., Илиев И.Х., Гюров В.Н, Киров Р.М., Изследване и анализ на някои енергетични характеристики и показатели на качеството на електрическата енергия в ЕСС на „Каолин“ АД – гр.Сеново. стр.205, сборник Енергиен форум, НТСЕБ 26-29 юни 2018г.
 - [8] Панчев Р.К., Илиев И.Х., Георгиев Г.А., Чиков В.Ч., Оценка и прогнозиране на надежността на електроснабдителните системи на промишлени обекти в режим на понижено натоварване, стр. 32-36, международна научна конференция Унитех 2018, 16-17 ноември ТУ-Габрово.
 - [9] Илиев И.Х., Панчев Р.К., Проиков М.А., Киров Р.М., Относно разширяване на дефиниционната област на електроенергийната категория „електромагнитна съвместимост“ и релативната ѝ връзка с надежността на електроснабдяването, стр. 42-47, международна научна конференция Унитех 2018, 16-17 ноември, ТУ-Габрово.
 - [10] Илиан Илиев - Влияние на консуматорите върху качеството на електрическата енергия с генериране на висши хармоници., стр.55, сборник част втора Енергиен форум, НТСЕБ 22-25 юни 2016г.
 - [11] Илиан Илиев, Николай Найденов, Румен Киров , Александър Кадиев, Изследване влиянието на статичните характеристики на товара върху някои от показателите на електрическа енергия., стр.98, сборник част трета Енергиен форум, НТСЕБ 22-25 юни 2016г.
 - [12] Dzhustrov K., N. Haralambiev, Electrical losses in the electricity distribution networks when connecting new generator power, Journal of mining and geological sciences, volume 63, 2020, p. 142-145
 - [13] .Menteshev, M., Iv.Stoilov, K. Djustrov, Hr. Georgiev. Sistem for efficient monitoring and control of electric power consumption.- CNEM 97 - University of Petroshani, Romania, 1997, pp 205-209.

- [14] Stoilov I., Anton Trapov, Zdravko Iliev, Diana Detcheva, Kiril Dzhustrov, Informational and measuring system for monitoring and operative control of the electricity consumption in University of Mining and Geology St. Ivan Rilski, ANNUAL of the University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Vol. 52, Part III, Mechanization, electrification and automation in mines, 2009, pp 141-145
- [15] Dzhustrov K., SELF-STARTING ENGINE WITH AT SHORT DECREASE AND LACK VOLTAGE, NTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE, 15 – 16 November 2019, GABROVO, pp 105-10
- [16] Джустров К. Т. Цветков, И. Стоилов, Оптимални настройки на цифрови релейни защиты на мощни электродвигатели, Энергиен форум, 2017, pp 164-172