

Проф. д-р Вангел Фуштиќ, Асист. м-р Атанас Илиев
Електротехнички факултет - Скопје



МК0300027

Проф. д-р Харалд Вебер, Асист. д-р Фред Прилвиц
Универзитет Росток, СР Германија

Дипл. ел. инж. Иван Кукоски, Дипл. маш. инж. Ејуп Бекири,
ЕСМ, Подружница ХЕЦ Вруток, Гостивар

ИСПИТУВАЊЕ НА ДИНАМИЧКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ХИДРОАГРЕГАТОТ А ВО ХЕЦ ВРУТОК

Кратка содржина

Следејќи ја најновата технологија за истражување, мерење, испитување и тестирање на динамичките перформанси на електроенергетските системи (ЕЕС), експертски екипи од Електротехничкиот факултет – Скопје и Универзитетот во Росток, Германија заедно со стручните лица од ХЕЦ Вруток, спроведоа низа експерименти за определување на динамичките карактеристики на хидроагрегатот А во ХЕЦ Вруток. Таквите експерименти и испитувања се неопходни за утврдување на можностите за работа на агрегатите во услови на дерегулација на пазарот на електрична енергија, посебно за утврдување на можноста за работа на сопствена мрежа и напојување на изолирани потрошувачи. Во овој труд е прикажан методот и постапката на извршените испитувања, како и дел од резултатите од извршените експерименти.

Клучни зборови: Хидроагрегат, Испитување, Динамички карактеристики, Изолиран погон.

Abstract

Following up-to date technology for research, measurement, inspection and testing of the dynamical performances of the Electric Power System, the expert's teams from Faculty of Electrical Engineering - Skopje, University of Rostock and local experts from HPP's Vrutok, performed sets of experiments for identification of the dynamical characteristics of the Unit A in HPP's Vrutok. Such experiments and examination are inevitable task for determining the possibilities of the units to operate in a new environment of deregulate market of electric energy, especially to operate on it's own network and to supply isolated consumers. In this paper, the method, the procedure, as well as, part of the obtained practical results are presented and discussed.

Keywords: Hydro unit, Inspection, Dynamic characteristics, Isolated operation.

1. Вовед

Системите за автоматско управување во хидроцентралите треба да остварат квалитетна и доверлива регулација во различни услови на погон во електроенергетскиот систем (ЕЕС). Денес, кога технологијата на автоматското управување рапидно се развива, како императив се поставува комплетно дефинирање на динамичките карактеристики на хидроагрегатот како објект на управување. Секако, крајната цел на дефинирањето на динамичките карактеристики во адекватна и применлива форма е нивно ефикасно искористување во новата технолошка и пазарна околина.

Во рамките на научно-истражувачкиот проект DYSIMAC (Dynamic Simulation of Macedonian Power System in a New Technological and Market Environment), авторите работат на моделирање, симулација и испитување на динамичките карактеристики на агрегатите во хидроцентралите [1,2]. Нивна основна задача претставува развој на математички модел кој ќе има практична примена во компјутерската анализа на процесот на управување. Симулацијата на математичкиот модел и негово тестирање на реален систем со потполна експериментална идентификација претставува сериозна задача особено кај хидроагрегат, кој треба да работи во услови на секундарна регулација на активна моќност и фреквенција во ЕЕС, како што е случајот со сите четирите агрегати инсталирани во ХЕЦ Вруток.

Како причини за избор на ХЕЦ Вруток за спроведување на испитувањата може да се наведат:

- инсталиран комплетно нов систем за турбинска и напонска регулација [3,4], набавен со помош на грантот добиен од владата на Швајцарија,
- агрегатите имаат турбински кола од типот Пелтон со скренувач на млазот,
- постои можност агрегатот да се префрли од паралелна работа во електроенергетскиот систем на изолирана работа на сопствена мрежа.

2. Потребни хардверски и софтверски ресурси за реализација на испитувањата

Во современата инженерска практика актуелна е употребата на персонални компјутери опремени со PCI, PXI/CompactPCI, USB, PCMCIA, IEEE1394, ISA или паралелни или сериски порти за прибирање на податоци DAQ (Data Acquisition) во рамките на лабораториските испитувања, тестирања и мерења, како и за потребите на индустриската автоматизација. Исто така, постојат и повеќе современи апликации кои собраните податоци ги трансферираат директно во меморијата на компјутерот и овозможуваат нивно складирање во форма погодна за нивна понатамошна обработка.

Добивањето на точни и доверливи податоци од РС базираниот систем за собирање на податоци (сл.1) зависи од квалитетот на следнава неопходна опрема:

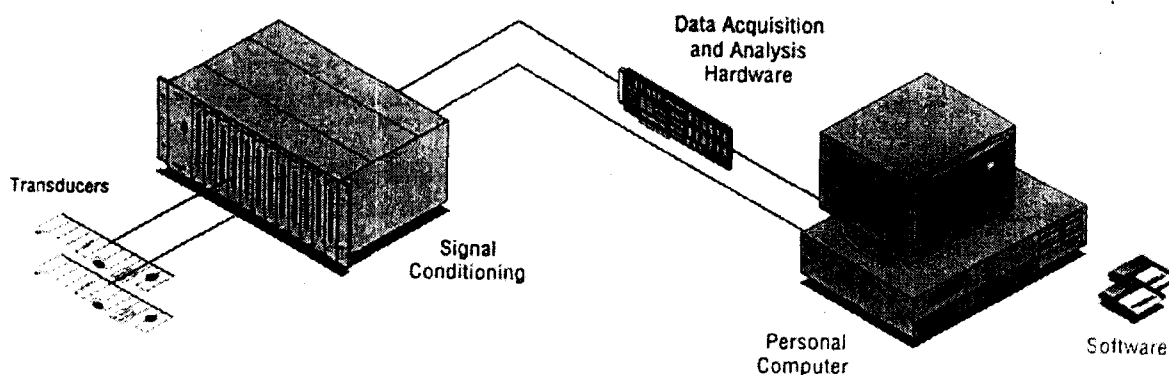
- Персонален компјутер (PC),
- Преносник (transducer),
- Прилагодувач на сигналите (Signal conditioning),
- DAQ хардверот,
- Софтвер.

Компјутерот, кој се употребува за аквизиција на податоци, мора да располага со максимално можна брзина за да биде способен континуирано, во кратки временски интервали, врши прибирање и обработка на податоците. Препорачлива е употреба PCI архитектура со високи перформанси, додека за преносните компјутери неопходна е употреба на PCMCIA картички. Кога се работи за следење на динамиката на електроенергетските објекти не е препорачливо користење на сериски RS-232 или RS-485 врски за комуникација бидејќи тие се ограничени со нивната брзина на пренос на податоци и нема да бидат способни да ја следат високата резолуција на приклучените мерни картички.

Исто така, се препорачува користење на брз хард диск со голем слободен простор и со кусо време на пристап. Пред започнување на секоја аквизиција на високофреквентни

податоци се препорачува да се изврши дефрагментација на дискот. Препорачан оперативен систем е систем базиран на Windows NT (4.0 или повисок), кој е во предност заради својата стабилност над оперативниот систем Windows 9x.

Преносникот (transducer) се користи да обезбеди електричен сигнал од физичката величина (пр. број на вртежи, позиција на иглите) што се мери, бидејќи DAQ системот може да ги обработува само електричните сигнали.



Сл.1 Типичен PC базиран систем за собирање на податоци

Прилагодувач на сигналите (Signal conditioning) служи да ги оптимизира добиените електрични сигнали од преносникот и да ги сведе на опсег прифатлив за DAQ картичката. Sprema потребите се врши засилување на слабите (low-level) сигнали или пак намалување на премногу јаките сигнали. Исто така важна улога на прилагодувачот на сигналите е да ги изолира сигналите од transducer-от од персоналниот компјутер заради безбедности причини.

Најважни карактеристики на **DAQ хардверот** се бројот на канали, резолуцијата, влезниот опсег на сигнали (напонски или струјни) и брзината на прибирање на податоци (sampling rate). Влезовите и излезите на DAQ хардверот (I/O) можат да бидат аналогни или дигитални.

Софтверот има задача да го трансформира персоналниот компјутер и DAQ хардвер во комплетен систем за аквизиција, визуализација и анализа на прибраните податоци. Карактеристично е дека овој софтвер е базиран на управувачки програми (drivers) кои мора да бидат компатибилни со оперативниот систем што се користи на персоналниот компјутер. Специфични барања кои треба да ги исполнува секој озбилен софтверски пакет се:

- прибирање на податоци со определена фреквенција,
- прибирање на податоци во позадина, додека процесирањето (обработката) на податоците е во преден план,
- употреба на I/O, интерапти и DMA за пренос на податоците.
- непречен проток на податоците од и кон хард дискот,
- извршување на повеќе функции истовремено,
- интеграција на повеќе од една DAQ картица,
- интеграција со системот на прилагодување на сигнали.

3. Опис на извршените мерења во ХЕЦ Вруток

Во септември 2000-та година се извршени повеќе мерења и експерименти за испитување на динамичките перформанси на агрегатот А во ХЕЦ Вруток. Мерењата се изведени со помош на најсовремена опрема, картици за аквизиција на податоци, производство на National Instruments, сопственост на Универзитетот во Ростов. Со помош на картиците за прибирање на податоци можно е истовремено следење на 16 карактеристични величини

кои се од значење за утврдување на динамиката на агрегатот во ХЕЦ Вруток. Во реализираните мерења, истовремено, беа следени следниве карактеристични величини:

1. Активна моќност на генераторот (MW),
2. Реактивна моќност на генераторот (MVA_r),
3. Број на вртежи на турбината (min^{-1}),
4. Фреквенција (Hz),
5. Напон на возбуда (V),
6. Струја на возбуда (A),
7. Напон на приклучниците на генераторот (kV),
8. Притисок на водата (Pa),
9. Позиција на скренувачот на млаз на Пелтоновата турбина (дефлектор) (%),
- 10, 11, 12, 13. Позиција на иглите на Пелтоновата турбина (%),

По извршената идентификација на мерните величини се утврди можниот опсег на секоја физичка величина. Сите идентификувани влезни сигнали беа трансформирани во напонски сигнали кои се движеа во опсег од 0-5 V. Прилагодувањето на струјните сигнали во напонски беше извршено со користење на високопрецизни отпорници. Евентуалната потреба од прилагодувањето на големината на напонскиот сигнал беше дополнително по-десувана преку напонски засилувач кој е хардверски програмибилен.

За аквизиција на податоци беше употребена следнава опрема:

- "Laptop" компјутер со PCMCIA картичка, Pentium 500 MHz, 384 RAM, 5 GB Hard disk, 13,3" Color Display,
- Brother HL 6L Laser printer,
- 2xSCXI 1120 8 channel isolation amplifier,
- SCXI 1327 Direct Mount Terminal Block,
- SCXI 1000 - 4 Slot chassis, AC.

Во текот на испитувањата беа извршени следните мерења (тестови):

1. *Последиено ојтварување на агрегатот од состојба без ојтварување до номинално ојтварување со чекор од 10% од номиналното ојтварување;*
2. *Испитување на динамичките перформанси на агрегатот во режим на регулација на бројот на вртежи;*
3. *Испитување на динамичките перформанси на агрегатот во режим на регулација на ојтварување;*
4. *Испитување на динамичките перформанси на агрегатот при нормално запорање;*
5. *Испитување на динамичките перформанси на агрегатот во режим на изолирана работа при што се најоѓува релативно мал конзум, а агрегатот од синхрона работа со електроенергетскиот систем преминува на изолирана работа на соодветна мрежа.*

Спроведените испитувања и експерименти се неопходни за утврдување на можностите за работа на агрегатите во услови на дерегулација на пазарот на електрична енергија, посебно можноста за работа на сопствена мрежа и напојување на изолирано конзумно подрачје. Испитувањата имаат посебна тежина, бидејќи се вршени веднаш по вградувањето на новата опрема за турбинска и напонска регулација на агрегатите во ХЕЦ Вруток.

Податоците беа моментално обработувани со помош на програми изработени во програмските пакети LabView 5.0 [5] и MatLab 5.3 [6] со што директно "on-line" од страна на експертите кои учествуваа во мерењата беа следени временските промени на наведените електрични и механички величини на екранот на персоналниот компјутер. Со цел да се добие детален визуелен преглед на карактеристичните величини, добиените графички презентации на временските промени директно се печатеа со помош на ласерски печатач.

Значајно е да се напомене дека од сите извршени мерења е формирана база на податоци, која служи за понатамошна идентификација на хидрауличниот, турбинскиот и генераторскиот систем на хидроагрегатот А во ХЕЦ Вруток.

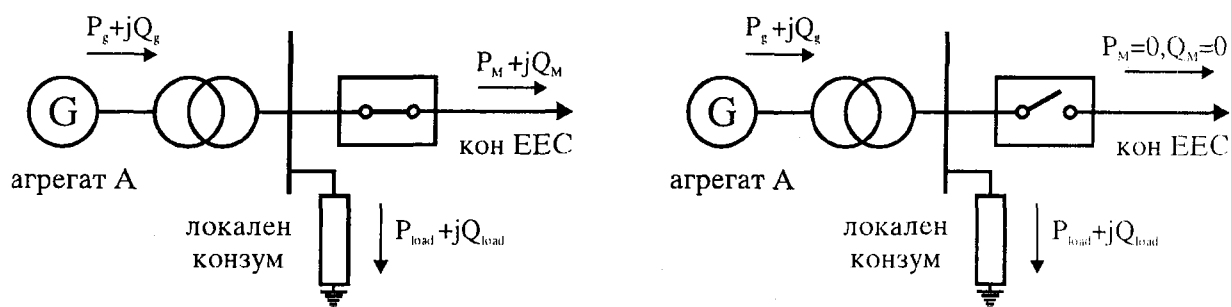
3. Графичка презентација на резултатите од извршените експерименти

Во продолжение во графичка форма се прикажани дел од резултатите добиени од овие експериментални испитувања, потребни за утврдување на можностите на агрегатот да ги исполни дополнителните технолошки барања, неопходни за вклучување во новиот дерегулиран пазар на електрична енергија.

Извршени се 9 карактеристични експерименти [1], меѓу како еден од најинтересните и најважните е следниов:

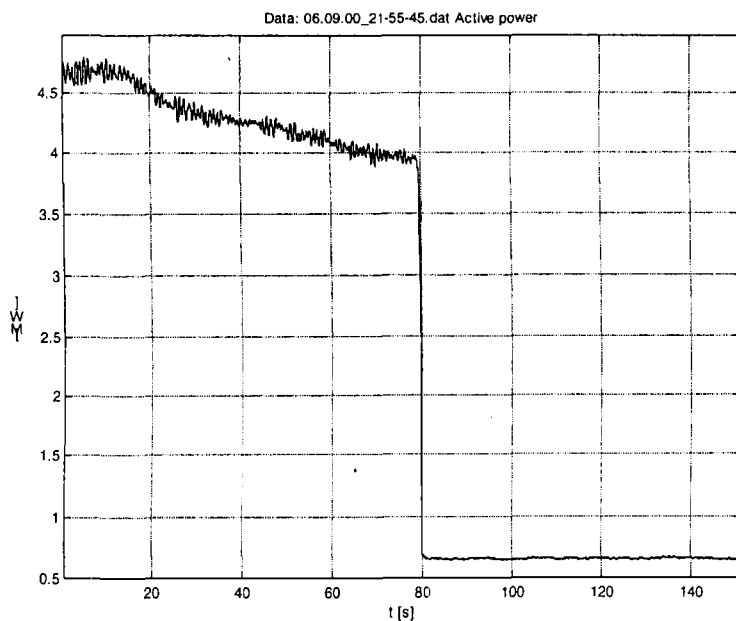
Генераторот работи синхронно со електроенергетскиот систем. Од оптоварување 4,5 MW генераторот преминува да напојува изолирано конзумно подрачје со околу 700 kW. При, тоа мерени се сите погоре наведени карактеристични величини.

Принципиелната еднополна шема за реализација на овој експеримент е прикажана на Сл.2.

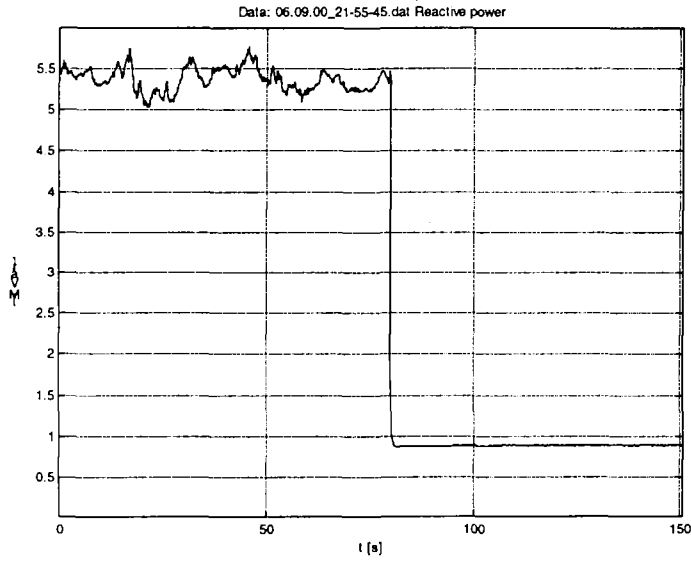


Сл.2 Шематски приказ на презентираниот експеримент: Агрегатот А од паралелна работа со ЕЕС преминува во изолиран погон на сопствена мрежа и напојува изолирано конзумно подрачје

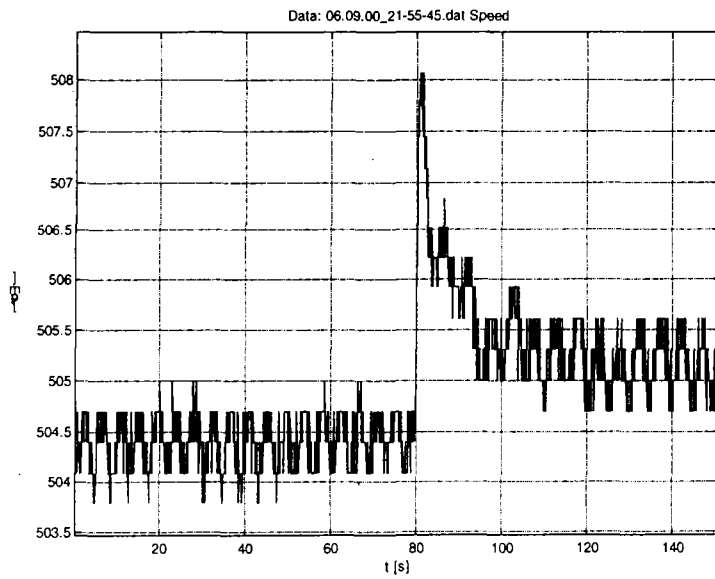
Добиените резултати од извршениот експеримент за испитување на динамичките карактеристики на агрегатот А при премин од паралелна работа со ЕЕС кон изолиран погон и напојување на сопствен изолиран конзум, во графичка форма, се прикажани на Сл.3 - Сл.10.



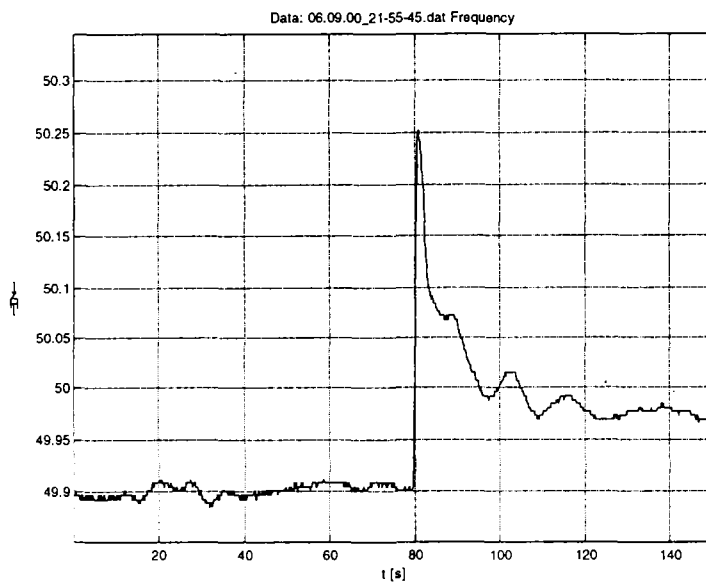
Сл.3 Промена на активната моќност на генераторот А, при премин од паралелна работа со ЕЕС на изолиран погон на сопствена мрежа



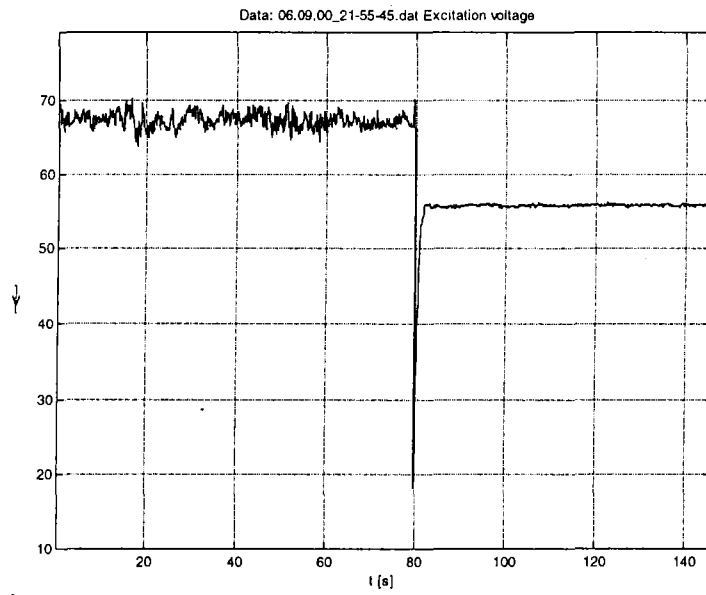
Сл.4 Промена на реактивната моќност на генераторот при премин од паралелна работа со ЕЕС на изолиран погон на сопствена мрежа



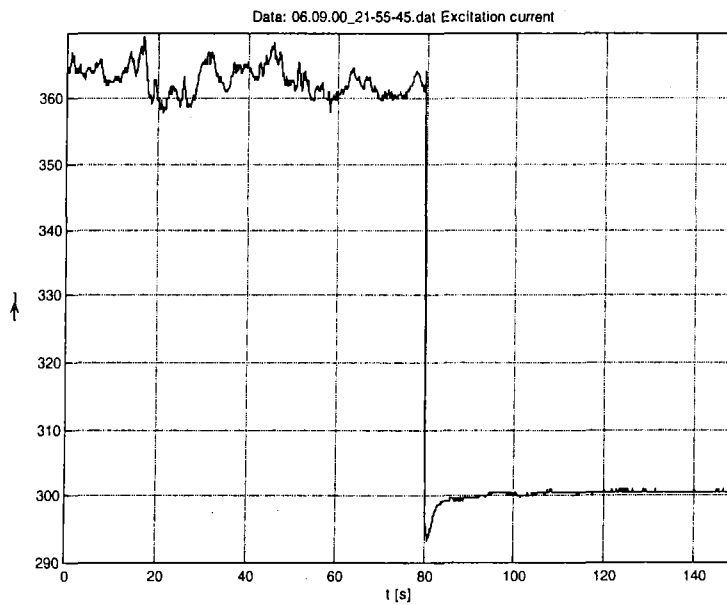
Сл.5 Временска промена на бројот на вртежи на турбината на агрегатот А при премин од паралелна работа со ЕЕС на изолиран погон на сопствена мрежа



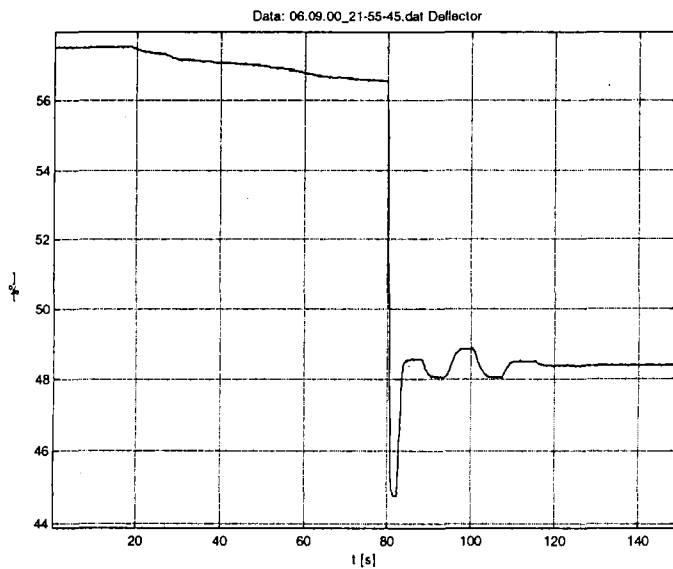
Сл.6 Временска промена на фреквенцијата на агрегатот А, при премин од паралелна работа со ЕЕС на изолиран погон на сопствена мрежа



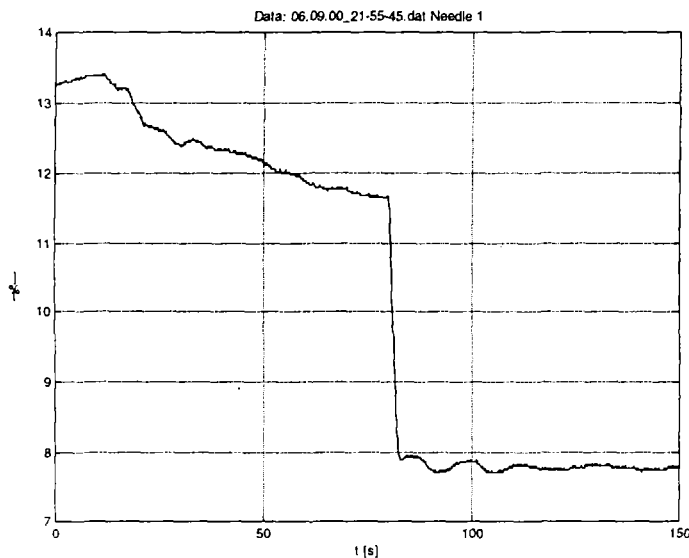
Сл.7 Временска промена на возбудниот напон при премин од паралелна работа со ЕЕС на изолиран погон на сопствена мрежа



Сл.8 Временска промена на возбудната струја при премин од паралелна работа со ЕЕС на изолиран погон на сопствена мрежа



Сл.9 Временска промена на позицијата на дефлекторот кај Пелтоновата турбина на агрегатот А при премин од паралелна работа со ЕЕС на изолиран погон на сопствена мрежа



Сл.10 Временска промена на иглата бр.1 на Пелтоновата турбина на агрегатот А при премин од паралелна работа со ЕЕС на изолиран погон на сопствена мрежа

При тоа, да напоменеме дека временската промена на позицијата на иглите 2, 3 и 4 е идентична со промената на иглата 1 на Пелтоновата турбина.

ЗАКЛУЧОК

Во хидроелектричната централа Вруток, за прв пат во Македонија, беа изведени испитувања на динамичките карактеристики на хидроагрегат со користење на најсовремена компјутерска опрема и програмска поддршка. Спроведените испитувања потврдија дека агрегатот, опремен со новиот систем на управување, во целост е подготвен да ги прифати предизвиците за производство на електрична енергија во новите услови на дерегулација на пазарот на електрична енергија.

Резултатите од овие испитувања се организирани во база на податоци која може да се искористи за идентификација на параметрите на употребените регулатори во ХЕЦ Вруток и формирање на комплексен модел за симулација на динамичките промени во хидроелектричната централа како сложен објект на управување.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] V. Fustik, H. Weber, A. Iliev, F. Prillwitz, I. Kukovski, E. Bekiri: Computer Analysis of Dynamic Characteristics of the Unit A in HPP Vrutok Using LabView 5.0 Software, Project DYSIMAC Report 4/2000.
- [2] H. Weber, D. Zimmermann: Investigation of the Dynamic Behavior of a High Pressure HPP in the Swiss Alps during Transition from Inter-Connected to Isolated Operation, 12-th Power System Computation Conference, 19-20 August 1996, Dresden.
- [3] ХЕЦ Вруток: Систем за турбинска регулација "SULZER", техничка документација, 1999.
- [4] ХЕЦ Вруток: Систем за напонска регулација "ABB" - техничка документација, 1999.
- [5] National Instruments: LabView 5.0 User's Manual, 1999.
- [6] The Math Works, Inc. MATLAB User's Manual, 1999.