



ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ – СОФИЯ

Факултет Електротехнически

Катедра Електроенергетика

Маг. инж. Реджеп Шакири

**АНАЛИЗ НА ПРОЦЕСИТЕ СВЪРЗАНИ СЪС СВЪРЗВАНЕТО
НА ГЕНЕРАТОРИ КЪМ ЕЛЕКТРОЕНЕРГИЙНАТА
СИСТЕМА НА КОСОВО**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

на дисертация за придобиване на образователна и научна степен
"ДОКТОР"

Област: 5. Технически науки

(шифър и наименование)

Професионално направление: 5.2 Електротехника, електроника и автоматика

(шифър и наименование на направлението в посочената област)

Научна специалност: Електрически централи и подстанции

(наименование на научната специалност)

Научен ръководител: доц. д-р. Димитър Богданов

СОФИЯ, 2018 г.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита от Катедрения съвет на катедра „Електроенергетика“ към Електротехнически Факултет на ТУ-София на редовно заседание, проведено на 19.03.2018 г.

Публичната защита на дисертационния труд ще се състои на 04.09.2018 г. от 15.00 часа в Конферентната зала на БИЦ на Технически университет – София на открито заседание на научното жури, определено със заповед № ОЖ-128/ 25.04.2018 г. на Ректора на ТУ-София в състав:

1. Проф. д-р инж. Петър Наков – председател
2. Доц. д-р инж. Димитър Богданов – научен секретар
3. Проф. д-р инж. Иван Стоилов
4. Доц. д-р инж. Юлиан Рангелов
5. Доц. д-р инж. Васил Димитров

Рецензенти:

1. Проф. д-р инж. Петър Наков
2. Доц. д-р инж. Юлиан Рангелов

Материалите по защитата са на разположение на интересуващите се в канцеларията на Електротехнически Факултет на ТУ-София, блок № 12, кабинет № 12222.

Дисертантът е задочен докторант към катедра „Електроенергетика“ на Електротехнически Факултет. Изследванията по дисертационната разработка са направени от автора.

Автор: маг. инж. Реджеп Шакири (Rehхer Shaqiri)

Заглавие: Анализ на процесите свързани със свързването на генератори към електроенергийната система на Косово

Тираж: 30 броя

Отпечатано в ИПК на Технически университет – София

I. ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Актуалност на проблема

Електро Енергийната Система (ЕЕС) на Косово бе обект на модернизация през последните години. Поради изискванията за опазване на околната среда, респективно ограничаване на вредните емисии в атмосферата бяха изведени от експлоатация блокове на Термична Електроцентрала (ТЕЦ), работеща на лигнитни въглища. Лигнитните въглища са местен ресурс, който осигурява независимост от внос на енергийни носители, но създава сериозен проблем с емисиите в околната среда. За ограничаване на емисиите обект на анализ са възможностите за изграждане на нови екологични генериращи мощности, които попадат в класификацията на Възобновяеми Източници на Електрическа енергия (ВЕИ). Конкретно, обект на изследване в дисертацията е присъединяването на няколко Водно-Електрически Центри (ВЕЦ) към определени подстанции.

В Косово документът „Правилата за управление на мрежата“ (Кодекса за мрежата) е техническа разпоредба, която съдържа правилата за управление, поддръжка и развитие на преносната Електро-Енергийна Система (ЕЕС). Правилата за управление на мрежата определят техническите спецификации, които задават техническите параметри на оборудването участващо в състава на ЕЕС, както и правилата и параметрите за присъединяване към мрежата на ЕЕС. Правилата целят осигуряването на безопасно, сигурно и икономически ефективно експлоатационно състояние и работа на ЕЕС. Правилата за управление на мрежата се определят от отговорната институция – това е организацията, която е натоварена със задачата да поддържа целостта на мрежата и да осигурява нейните режимни параметри.

Структурата, обхватът и изискванията на документът/документите, които дефинират правилата за управление на ЕЕС зависят от конкретните изисквания на съответната компания. По отношение на отделните производители, изискванията регламентират поведението на генериращите мощности при нормална експлоатация и при смущения/повреди. Част от тези изисквания са възможностите за регулиране на напрежението в съответните възли на ЕЕС, регулирането на фактора (коефициентът) на мощността, възможностите за регулиране в определени диапазони както на активната мощност (респективно и участие в поддържане на системната честота) така и регулиране на напрежението посредством регулиране на реактивната енергия. Регламентират се влиянието на генераторите върху нивата на токовете на късо съединение, възможностите за запазване на режима на работа по време на смущенията/повреди ("ride through") и др.

Цел на дисертационния труд, основни задачи и методи за изследване

Цел на дисертационния труд е разработването на комплексен подход за проверката на влиянието на новите генериращи мощности, които за ЕЕС на Косово ще бъдат от типа на „разпределена генерация“. Ще бъде оценено влиянието на нови „разпределени генератори“ върху работата на съществуващата мрежа.

Задачите, които ще бъдат решени за постигане на посочената цел:

- Систематизиране на подходите, критериите и необходимите изследвания, свързани с развитието на разпределителната мрежа за оценка на въздействието на присъединените генератори, както и разкриването на възможности за намаляване на загубите на електроенергия, чрез набор от оценени мероприятия.
- Разработен е подход за оценка на влиянието на работата на генераторите върху нивата на напрежение, токовете на к.с. и устойчивостта по честота и напрежение на електроенергийната система (ЕЕС).
- Разработване на модели на база на специализирани софтуерни продукти за изчисляване на токовете на късо съединение, които да са основа за координиране настройките на релейните защиты в определени точки на ЕЕС на Косово.
- Резултатите от дисертационния труд ще бъдат систематизирани във вид и обем, който да позволява да бъдат използвани в проектантската, експлоатационната и диспечерската практики, както и при преподаване на дисциплините, свързани с ЕЕС.

Научна новост

Проведените изследвания са на база на софтуерни модели изградени с програмни пакети на водещи фирми (NePlan, ETAP), които са нов етап от изследването на ЕЕС на Косово. Събраните данни за вредните емисии, дължащи се на работата на генериращите мощности в Косово са послужили за цялостна оценка на съществуващото положение и перспективите за развитие. Изследванията са послужили за формиране на масив от данни, който да бъде използван за аналитични цели за развитието системата в определени райони в Косово.

Практическа приложимост

Приносите на труда са за изграждане на аналитична методика за оценка влиянието на новите генериращи мощности върху съществуващите електрически съоръжения и режимите на работа ЕЕС: определяне на нивата на напрежение, изчисляване стойностите на т.к.с., определяне на потокоразпределението и определяне на необходимите настройки на релейните защиты. Систематизираният труд, предложените методи за анализ, съставените модели може да бъдат приложени в ЕЕС на Косово за

подобряване на работата ѝ, и избор на подходящи решения за присъединяване на нови обекти в бъдеще.

Апробация

Резултатите от работата по дисертационния труд са представени на международна конференция ISSD 2014 (International Symposium on Sustainable Development) – Сараево, Босна и Херцеговина, 2 бр. доклади са публикувани в Годишник на ТУ-София след участие в „Конференция на Електротехнически Факултет - ЕФ-2014“ и „Конференция на Електротехнически Факултет - ЕФ-2015“, организирана от Електротехническият Факултет на Технически Университет - София.

Има публикация в списание „Materials Science Forum“, ISSN: 0255-5476, 2016 Vol. 856, стр. 331-336 (публикацията е приета на база на доклад представен на международна конференция JARMED 2015, проведена в Технически Университет – София); Публикация на международна конференция SIELA 2016 - Бургас, България.

Публикациите отразяват основните резултати от изследванията. Резултатите от работата по дисертационния труд са представени пред международната научна общност в достатъчна степен.

Публикации

Основни постижения и резултати от дисертационния труд са публикувани в пет публикации. Една публикация е в списание „Materials Science Forum“, две публикации са на конференции на Електротехнически Факултет и са публикувани в Годишника на ТУ-София, две статии са на международни конференции - ISSD 2014 и SIELA 2016.

Структура и обем на дисертационния труд

Дисертационният труд е в обем от **147** страници, като включва увод, **7** глави за решаване на формулираните основни задачи, списък на основните приноси, списък на публикациите по дисертацията и използвана литература. Цитирани са общо **98** литературни източници на латиница. Работата включва общо **137** фигури и **36** таблици. Номерата на фигурите и таблиците в автореферата съответстват на тези в дисертационния труд.

II. СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

ГЛАВА 1. ЕЕС НА КОСОВО – НЕОБХОДИМОСТ ОТ ОГРАНИЧАВАНЕ НА ВРЕДНИТЕ ЕМИСИИ

Обзор по проблема

Косово работи синхронно с ENTSO-E, като се стреми ЕЕС да бъде напълно хармонизирана с изискванията ѝ. На територията на Европа организацията ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators), обединява и представлява 43 компании оператори на национални преносни системи (electricity Transmission System Operators – TSOs. През последните години в Косово има недостиг на електрически генериращи мощности, проблеми свързани с балансирането на товарите графици и проблеми свързани с експлоатация на остаряло технически и морално оборудване. Всички нормативни документи в Косово са насочени към хармонизация с правилата на ENTSO-E, постигане на устойчива работа на всички съоръжения, дългосрочно гарантиране на надеждна работа на ЕЕС и гарантиране на качеството на енергията за потребителите.

Отпадането на елемент от ЕЕС – генерираща мощност или преносна линия може да доведе до дисбаланс между производство и потребление и да причини смущения в работата на системата. ЕЕС се проектират да понесат такива технологични ситуации на дисбаланс, но честотата може да се отклони значително от установените стойности. Континенталната част на Европа е свързана в единна синхронна система, формирана от операторите на национални преносни системи. Отделни обособени териториално зони – острови в Средиземно море, Великобритания и др. са свързани с постояннотокови връзки, които осигуряват възможност за обмен на мощностни потоци.

На международно ниво Международната Електротехническа комисия (International Electrotechnical Commission – IEC) е разработила много стандарти по отношение на работа на елементи на ЕЕС, технологията на производството им, режимите им на работа и др. Усилията за ограничаване на вредните емисии в атмосферата, включително така наречените „парникови емисии“ доведоха до увеличаване на дялът на т.нар. „разпределени генерации“ базирани основно на Възобновяеми Източници на Електрическа енергия (ВЕИ). Разпределената генерация базирана на т.нар. „разпределени генератори“ (Distributed Generator – разпределените генератори) се присъединява много често към съществуващи клонове на ЕЕС, което налага анализ на съвместимостта им със съответните технически условия, както и преоценка на параметрите на съществуващото преди присъединяването им оборудване.

„Разпределеният генератор“ е една от новите тенденции в ЕЕС, използвани за покриване на повишеното потребление на електрическа енергия и ограничаване на загубите за пренос и разпределение. Различните държави използват различни определения като "вградена генерация", "разсъсредоточена генерация" или "децентрализирана генерация".

Разпределената генерация се счита за източник на електрическа енергия, свързан към ЕЕС, в място на присъединяване близко до потребителя, като „електрическата отдалеченост“ е достатъчно малка в сравнение със съсредоточените генериращи мощности (големи Електрически Центри /ЕЦ/). Свързването на нови генератори може да повлияе на стабилността на системата, профила на напрежението и загубите в разпределителната система, качеството на енергията и надеждността на електрозахранването.

Интегрирането на разпределената генерация в електрическите мрежи винаги създава технически проблеми в работата на електроенергийната система. Разпределената генерация се отнася за сравнително малки генератори, които произвеждат няколко киловата до няколко мегавата мощност и са свързани към мрежата на ниво разпределение или подстанция. Независимо от малката мощност на разпределените генератори в сравнение с големите ЕЦ и общата инсталирана мощност на ЕЕС, тяхната единична мощност може да окаже сериозно влияние на работата на съответния сегмент от системата, където са присъединени, поради относително „по-слабите“ връзки в периферията ѝ.

Това налага извършването на анализ за оценка на въздействието на „разпределените“ генератори върху работата на елементите на ЕЕС.

ГЛАВА 2. АНАЛИЗ НА ЕМИСИИТЕ В ОКОЛНАТА СРЕДА

В Косово има две ТЕЦ, с натрупан дълъг период на експлоатация. ТЕЦ „Косово А“ е с три генератора, които са пуснати в работа съответно в 1970, 1971 и 1975г. ТЕЦ „Косово В“ е с три генератора – от 1983 и 1985г. Енергийната корпорация на Косово (Kosovo Energy Corporation) е отговорна за експлоатацията на ТЕЦ и добивът на лигнитни въглища. Дългогодишният добив на лигнитни въглища за производство на електрическа енергия е довел до проблеми с околната среда:

- Замърсяване на въздуха от емисиите в атмосферата;
- Замърсяване на водата в резултат на отпадните води;
- Разрушаване на ландшафта от изкопните работи.

В резултат от замърсяването на околната среда, Европейския Съюз (ЕС) изпрати искане към Косово да изведе от експлоатация „Косово А“.

Оценените във връзка с настоящия дисертационен труд възможности за ограничаване на емисиите при производство на електрическа енергия в Косово е изграждане на няколко малки ВЕЦ. В плановите на оператора на ЕЕС на Косово се предвижда и построяването на фотоволтаичен парк и

ветрогенераторен парк, но те ще бъдат с енергия концентрирана през възлова подстанция и спрямо ЕЕС няма да имат характер на „разпределен“ генератор. Те не са обект на анализ в настоящия труд.

Таблица 2.1. Емисии на CO₂ от ТЕЦ „Косово А“ и „Косово В“ през 2014г.

ТЕЦ “Косово А”	Производство (MWh)	CO ₂		
		t/2014	[g/Nm ²]	[kg/MWh]
A3	984470	1257968	263.16	1279
A4	403999	504073	263.29	1245
A4	249417	309782	264.95	1262
Σсредно/месец	249417	2071823	262.91	1272
ТЕЦ “Косово В”	Производство (MWh)	CO ₂		
		t/2014	[g/Nm ²]	[kg/MWh]
B1	1297707	1709773	-	1060
B2	2048927	1911977	-	1067
Σсредно/месец	3646634	3847740	216.04	1063.5

Таблица 2.2. Емисии на CO₂ от ТЕЦ „Косово А“ и „Косово В“ през 2015г.

ТЕЦ “Косово А”	Производство (MWh)	CO ₂		
		t/2015	[g/Nm ²]	[kg/MWh]
A3	925997	1202655	257.86	1287
A4	773348	986110	260.71	1281
A4	357335	448875	260.97	1256
Σсредно/месец	2056680	2637640	259.67	1283
ТЕЦ “Косово В”	Производство (MWh)	CO ₂		
		t/2015	[g/Nm ²]	[kg/MWh]
B1	1986124	2099531	-	1111
B2	1935890	2199983	-	1104
Σсредно/месец	3922014	4320208	220.7	1108

Таблица 2.3. Емисии на CO₂ от ТЕЦ „Косово А“ и „Косово В“ през 2016г.

ТЕЦ “Косово А”	Производство (MWh)	CO ₂		
		t/2016	[g/Nm ²]	[kg/MWh]
A3	668231	875420	260.2	1349
A4	879870	1169346	266.4	1341
A4	766707	1144104	266.2	1377
ТЕЦ “Косово В”	Производство (MWh)	CO ₂		
		t/2016	[g/Nm ²]	[kg/MWh]
B1	1919950	2099531	209.75	1089
B2	2014009	2199983	201.52	1093
Σсредно/месец	3928071	4299514	205.65	1093

По отношение на използването на алтернативни източници на възобновяема енергия, Косово не е в подходящите нива в сравнение с директивите на ЕС. Приблизително само 3% от произведената електроенергия в Косово е от възобновяеми енергийни източници. Тъй като Косово е подписало договора за електроенергия и в съответствие с Директива 2009/28/ЕС1 за насърчаване на използването на енергия от възобновяеми източници ("Директивата за възобновяемите енергийни източници"), са установени задължителни цели до 2020 г. да се постигне общ дял от 20% от възобновяемите енергийни източници в ЕС и дял от 10% за възобновяемата енергия в транспортния сектор.

Анализ на наличните електроенергийни съоръжения, оценка на възможностите за присъединяване на нови генерации

Компанията на Косово (оператор на преносната система и пазарен оператор) отговаря за оперативното планиране и надзор на основната мрежа, за поддръжката и развитието на мрежата. Основната мрежа в Косово включва приблизително 188,49 km преносни линии 400 kV, 231,88 km преносни линии 220 kV, 803 km преносни / разпределителни линии 110 kV, подстанция 400/220 kV - 1 бр., подстанции 400/110 kV – 2 бр., подстанции 220/110 kV – 3 бр. и подстанции 110/35 kV, 110/10 kV – 29 бр. Електроенергийната система на Косово е свързана с преносните системи на Македония, Сърбия и Албания на 400 kV, 220 kV и 110 kV с въздушни линии.

В електроенергийната система на Косово основните производствените мощности единици са: ТЕЦ Косово А (А3-150 MW, А4-150 MW и А5-150 MW), общо 450 MW и ТЕЦ Косово В (В1-300 MW и В2-300 MW), общо 600 MW, генератори А1 и А2 не са в действие. Докато основните ВЕЦ в електроенергийната система са: Ujman (U1, U2) 32 MW, Lumbardh (В1 и В2 по 8 MW).

С оглед на изградената структура на ЕЕС, мощности до 10 MW ще се присъединяват към съществуващи уредби 110/35 kV. За по-големи концентрирани фотоволтаици и ветрогенератори, които са предвидени за изграждане на следващи етапи се предвижда изграждане на възлови подстанции 110 kV. В настоящия труд е оценена възможността малки ВЕЦ да бъдат свързани към уредби СрН в съществуващи подстанции.

2.2 Въздействие на нови разпределени генератори върху ЕЕС

През последните години в Косово започнаха инвестиции във възобновяеми източници. Изградени са няколко ВЕЦ и са във фаза на изпълнение други обекти. Във връзка с изграждането на нови обекти, в настоящата дисертация се прави преглед на въздействието на присъединяването на генераторите към няколко подстанции в Косово. Съставени са модели на основните сегменти от ЕЕС на Косово, като са използвани софтуерните пакети ETAP и NEPLAN. Анализирано е въздействието на новите генератори върху:

- Увеличаване на производството на електрическа енергия на ниво разпределителни системи от разпределените генератори, присъединени към съоръженията на съществуващите разпределителни мрежи;
- Влияние на новите генератори върху качество на захранването;
- Оценка на въздействието на разпределените генератори в профилите на напрежението;
- Въздействието на генераторите върху тока на късо съединение (т.к.с) в уредби СрН 35 kV и 10 kV.
- Изчисляване на загубите в мрежата, преди и след присъединяване на генераторите към мрежата;
- Проверка на съществуващото оборудване в подстанциите, където ще бъдат присъединени нови генератори: прекъсвачи 35 и 10 kV;
- Оценка на защитата на елементите на електрическата мрежа в присъствието на разпределени генератори;
- Оценка на възможността за отделяне на част от мрежата за изолирана от ЕЕС работа.

ГЛАВА 3 МОДЕЛИРАНЕ НА СТРУКТУРАТА НА МРЕЖАТА

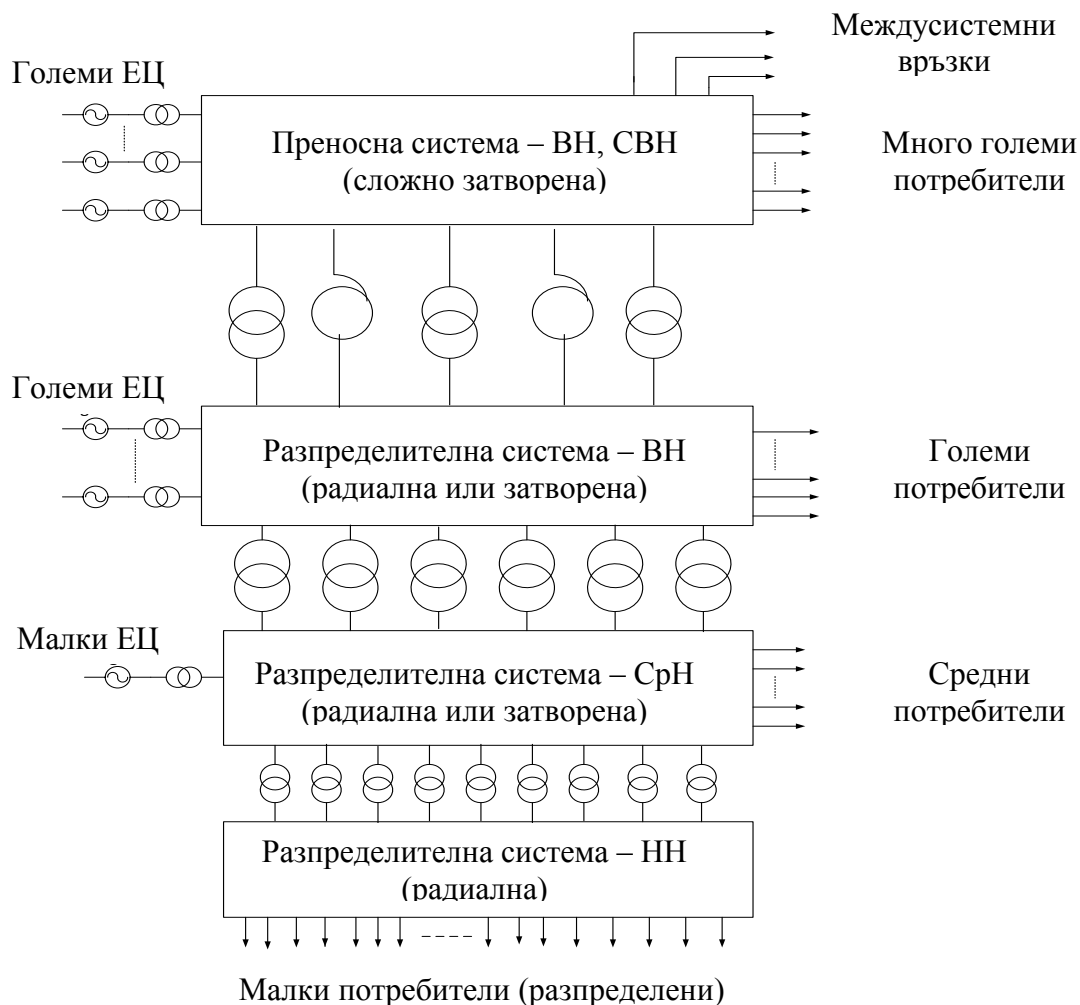
ЕЕС се моделира като комбинация от съответните елементи и съоръжения: преносни линии, трансформатори, генератор и товари и др.

3.1 Структура на електроенергийната система

Основната структура на съвременната ЕЕС е илюстрирана схематично на фиг. 3.1.1 и показва основните ѝ три части: генерация, пренос и разпределение. Не са показани някои детайли като: малки / микрогенератори, които може да бъдат присъединени към мрежа НН и др. За целите на изследването, моделът на електрическата мрежа се състои от следните характерни елементи:

- Линиите, моделирани като „П“ еквивалентна заместваща схема;
- Трансформаторите с данни за „основно стъпало“ и данни за стъпалните превключватели;
- Генераторите с тип на машините и данни за възможностите на системата за турбинно регулиране и възбудителната система;

- Товарите с техните параметри;
- Серийните компенсатори (кондензатори и реактори), шунтови компенсатори (шунтови реактори за компенсиране на капацитета на електропроводите при ниско натоварване през нощта) - ограничаване на капацитивното увеличаване на напрежението (ефект на Феранти).
- Комутационните апарати (прекъсвачи и разединители).



Фигура 3.1.1 Структура на електроенергийната система

В моделът са включени всички нови типове трансформатори, които са монтирани в подстанциите в Косово за подмяна на стари типове трансформатори и за ограничаване на загубите на енергия. На фиг. 3.4.1 е представен изглед към една от модернизираниите подстанции с монтирани нови трансформатори. Инсталираната трансформаторна мощност, броят и единичната мощност на трансформаторите в подстанциите следва да е съобразена с профила на товара (основно неговата сезонност) и с това дали към подстанцията ще има присъединени генератори.



Фигура 3.4.1 Силов трансформатор в подстанция Gjilani 5.

Въпреки че съществуват различни определения, основаващи се на различни местоположения и националност, общоприетата класификация на ВЕЦ на база на инсталираната им мощност, възприета в Косово е представена в Таблица 3.6.1.

Таблица 3.6.1. Обща класификация на ВЕЦ

Производство на електроенергия [W]	Определение за мощност
<100 kW	Микро ВЕЦ
100-1000 kW	Мини ВЕЦ
1 MW-10 MW	Малка ВЕЦ
10 MW-300 MW	Средна ВЕЦ
>300 MW	Голяма ВЕЦ

3.2 Въздействие на разпределената генерация върху разпределителните електрически мрежи

Присъединяването на разпределените генератори в системи, проектирани първоначално като разпределителни и обикновено радиални, може значително да повлияе на потока на енергията и стойностите на напрежението в точките на присъединяването им, и респективно в точките на присъединяване на потребителите. Радиалните разпределителни мрежи се използват по няколко основни причини: те са по-евтини за изграждане спрямо сложно затворени (пръстеновидни мрежи) и са много по-лесни за проектиране, наблюдение и защита, но обикновено имат по-ниска надеждност и ограничена възможност за „маневриране“.

ГЛАВА 4 МОДЕЛИРАНЕ НА СТРУКТУРАТА НА МРЕЖАТА

4.1 Изисквания за участие на нови генератори в първичното регулиране на ЕЕС

Основната задача на първичното регулиране е осигуряване на баланса между производството и потреблението на електрическа енергия посредством въздействие на турбинните регулатори на турбоагрегатите в електрическите централи. За Косово във връзка с модернизацията на ЕЕС са направени обследвания на разполагаемите генериращи мощности. Понастоящем се прилага първично регулиране на блоковете на ТЕЦ.

4.1.1 Първично регулиране

Цел на цялостната модернизация на ЕЕС на Косово в перспектива е изпълняване на изискванията на ENTSO-E, по отношение на възможностите за регулиране. Техническите средства трябва да осигурят реакция в рамките на секунди и пълно активиране до 30 s. Стойността на честотата трябва да влезе в допустимия диапазон, както и мощностните потоци да се урівновесят в резултат от вторичното регулиране, започващо да действа след 30 s, като корекцията да бъде извършена в рамките на 15 min. Активирането на първичното регулиране е при отклонение на честотата над ± 20 mHz. За целите на първичното регулиране на честотата, точността на измерването следва да бъде не по-ниска от ± 10 mHz. За целите на вторичното регулиране, точността следва да е в диапазона $\pm (1.0 - 1.5)$ mHz. Диапазонът на първично регулиране трябва да бъде поне $\pm 2\%$ от номиналната мощност на съответния генератор. По отношение на регулирането честота-мощност, настройката на съответния първичен регулатор не трябва да надхвърля статизъм от 6%. Възможната грешка на регулаторите на скоростта на турбината не трябва да надхвърля 5%. На турбинния регулатор се задава мъртва зона, но тя не трябва да надхвърля ± 10 mHz.

4.1.2 Вторично регулиране

Цел на вторичното регулиране е осигуряване на възможност за централизирано регулиране, което действа по-бавно, но „глобално“ за ЕЕС. В това регулиране на териториален принцип се формират допълнителни регулиращи въздействия за генераторите за да бъде постигната трайна стабилизация на честотата, както и да бъде възстановен балансът по отношение на мощността прехвърляна по междусистемните връзки. За Косово минималната стойност на управлявания вторичен резерв се определя по следната формула:

$$R = \sqrt{aL_{max} + b^2} - b \quad 4.1.2.1$$

R = минимална стойност на разполагаемия резерв в MW;

L_{max} = максималният очакван товар в MW в регулираната зона;

Параметрите “a” и “b” се установяват емпирично.

За ENTSO-E стойностите са a=10MW и b=150 MW.

Всички ВЕЦ с мощност над 20 MW трябва да осигуряват възможност за вторично регулиране. Участието във вторичното регулиране става само след проверка от страна на системния оператор за съответствието на технологичните системи за управление на агрегатите. В табл. 4.1.3 е представена събраната информация за вторичния системен резерв на Косово. Ограничените стойности на разполагаемите мощности за осигуряване на вторичен резерв определят необходимостта от изграждане на нови генериращи мощности, повишаване на ефективността на мрежата чрез намаляване на загубите и осигуряване на допълнителни връзки с ENTSO-E, които биха подобрили възможността за трансгранична подкрепа на мощностния баланс.

Таблица 4.1.3 Вторичен системен резерв за ЕЕС на Косово

Вторичен системен резерв (MW)												
Година	Януари	Февруари	Март	Април	Май	Юни	Юли	Август	Септември	Октомври	Ноември	Декември
2009	28	28	28	24	23	21	20	20	23	26	28	29
2010	30	30	29	26	24	22	21	23	26	28	30	31
2011	32	32	30	26	24	21	22	23	25	26	32	33
2012	35	33	31	26	26	22	23	23	24	28	30	34
2013	35	34	32	28	24	21	21	22	23	30	33	34
2014	34	33	32	29	25	23	23	24	24	29	31	35
2015	35	33	32	28	22	23	23	23	24	28	30	35
2016	34	31	30	29	22	22	22	22	23	27	29	34

4.2 Анализ на ефекта на разпределената генерация за намаляване на загубите в ЕЕС

Моделите, които са съставени за изпълняване на целите на дисертационния труд, са насочени към за анализ на ЕЕС и сегменти от нея. Една от целите е да се оцени ефекта от разпределената генерация върху загубите в ЕЕС. Направените изследвания са на база съществуващото положение на ЕЕС, моделиране на присъединените нови генератори и съответно „наслагване“ на мощностните потоци формирани от тях. Оценени са падовете на напрежение, които са резултат от добавянето на нови генератори и съответно е отчетена възможността за регулиране на напрежението посредством стъпални превключватели на трансформаторите и възбудителните системи на синхронните генератори.

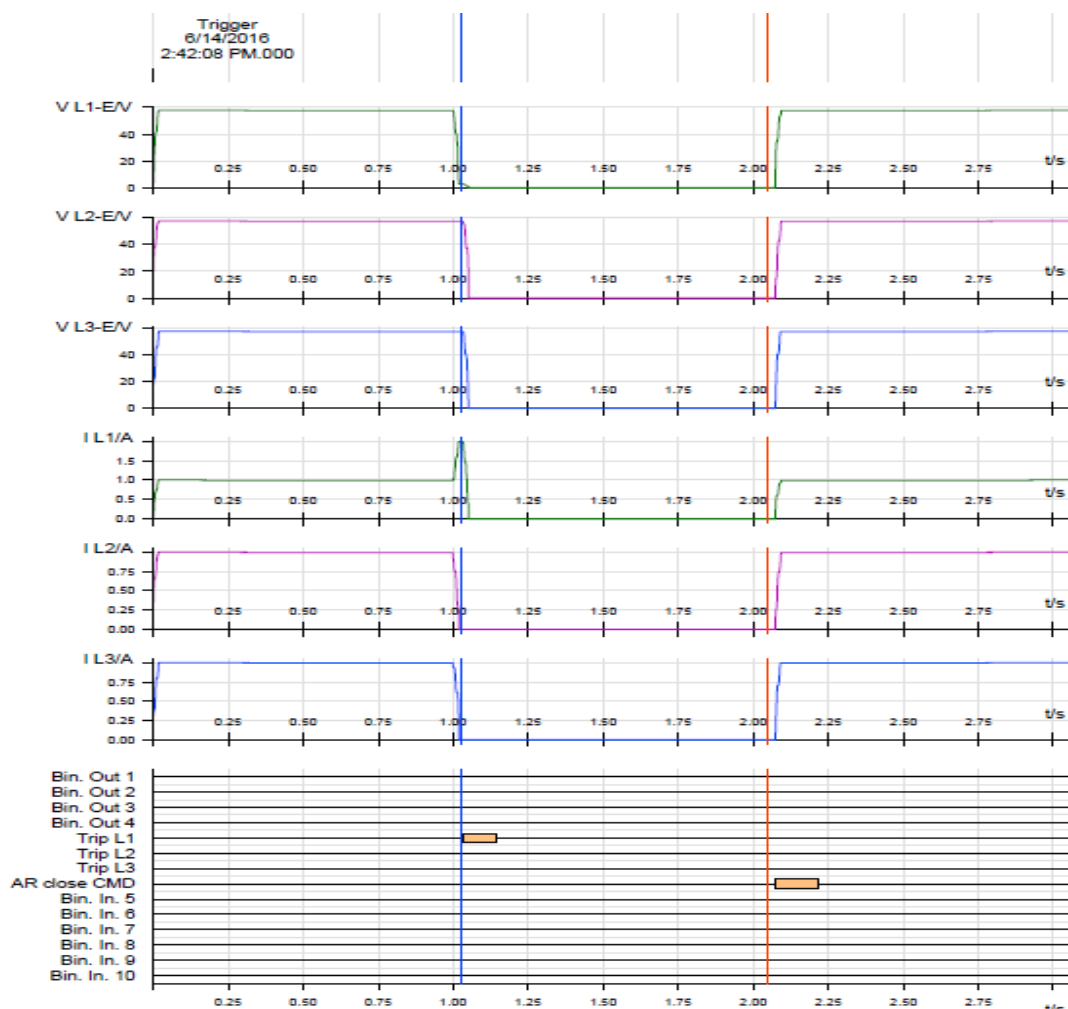
$$\overline{\Delta V} = \overline{IZ} = \frac{\overline{S^*}}{\overline{V_r}} \cdot \overline{Z} = \frac{1}{\overline{V_r}} [(RP + XQ) + j(XP - RQ)] \quad 4.4.6.$$

При инсталирана мощност на разпределената генерация надхвърляща проектните стойности на части от мрежата оразмерена първоначално като типично разпределителна, е възможно да бъдат достигнати пределните стойности за допустима плътност на тока в проводниците, застрашена термичната устойчивост на съоръженията и др. Винаги трябва да се извършва проверка за такава възможна ситуация (4.5.1).

$$|S_{Gen.Max} - S_{Load.min}| > |S_{Loadmax}| \quad 4.5.1$$

4.3 Приложение на реклозери в ЕЕС на Косово

Много електропроводи в Косово преминават през планински/гористи терени. Независимо от поддръжката на сервитута на трасетата, една типична причина за изключване на ЕП е допиране на клони от прорасли дървета/храсти. За някои участъци от мрежата бяха проведени анализи за възможността за въвеждане на реклозери.



Фиг. 4.3.2. Записи от извод с реклозери към подстанция „Kosovo B“

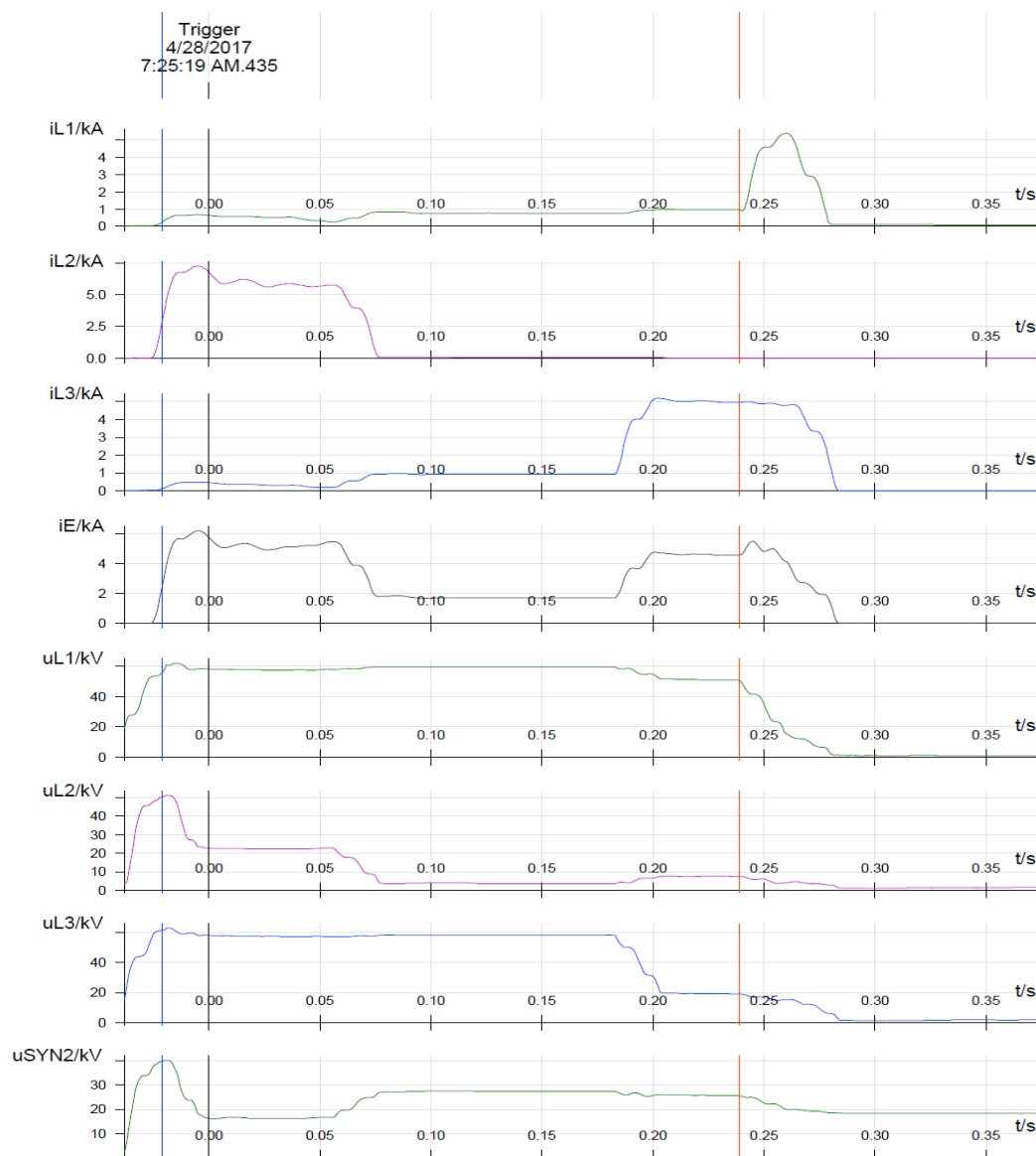
След анализ на база на модели и изчисляване на настройките на модулите им за управление, реклозерите бяха успешно монтирани в няколко клона на разпределителната мрежа. Модели от типа на ABB Grid shield имат цифров модул с много функции, което позволява интегрирането на апаратите

в системата за автоматизация на мрежата. Бързодействащите реклозери спомагат за ограничаване до минимум на прекъсванията на захранването към потребители и минимални смущения в системата.

4.4 Възможности за управление на потреблението при въведена разпределена генерация

Разпределената генерация създаде възможност за подобряване параметрите на мрежата и в перспектива участие в преизчисляване на тарифните планове в Косово. В настоящия момент цената на електроенергията по тарифите се формира основно от ТЕЦ. В перспектива в ценообразуването ще се включат и фотоволтаични и вятърни паркове. Технологичните особености на новите генерации ще наложат промени в определяне на цената на електроенергията по различните тарифи.

SIGRA 4.4 Kosovo A / Substation / 110 kV E04 - LP -1114 E04+R01 - F10 7:25:19 AM.397



Фигура 4.5.2. Запис за извод от подстанция 110 kV“Kosovo A-Prishtina 4”

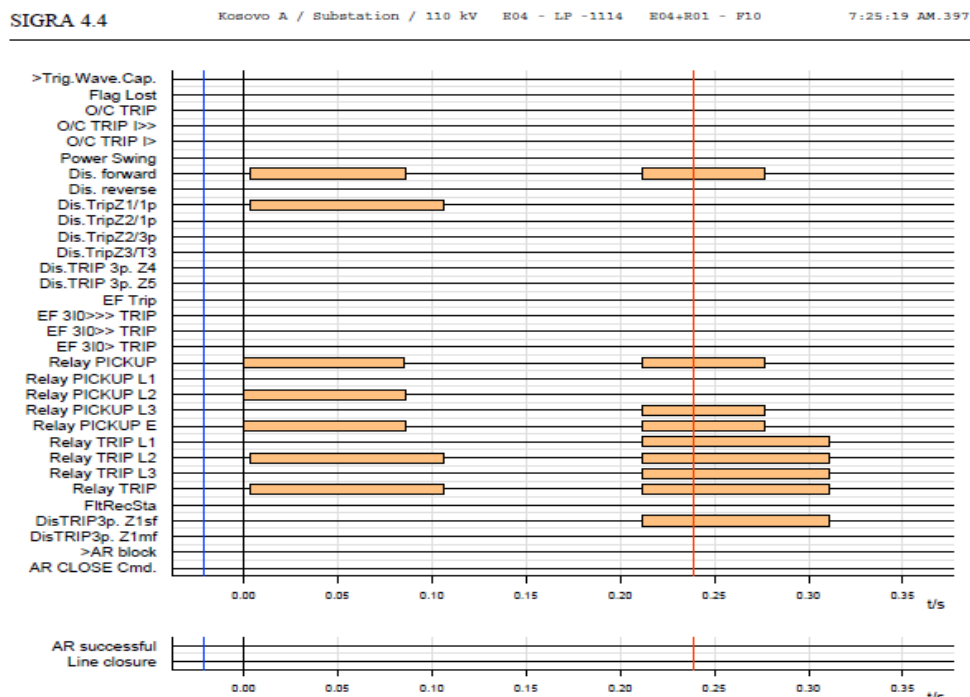
4.5 Оценка въздействието на нови генератори върху поведението на системите за защита

Основната задача на защитните системи е да се предотврати експлоатацията на електрическо оборудване в опасни режими и да се осигурят команди за изключване при повреда. Действията на защитите трябва да доведат до предотвратяване на риска за персонала, намаляване на потенциалните повреди на оборудването, ограничаване на степента и развитието на смущенията и повредите. Изискванията за правилна работа на релейните защиты могат да бъдат обобщени, както следва:

- Да заработват в случай на повреда "в зоната" им на действие.
- Да не заработват погрешно в случай на повреда "извън зоната" - т.е. да бъдат изпълнени условията за селективност.
- Да не заработват погрешно в случай на вътрешна неизправност - например да не подават "лъжливи" команди за изключване, т.е. да бъдат сигурни.
- Да има минимална вероятност за вътрешна повреда - т.е. да бъдат надеждни.

Прекъсвачите изключват по време на повреда/смущението поради това, че сигналът за задействане идва от релейната защита. ИЕС определя релейните защиты като "релета, чиято функция е да откриват дефектни линии или апарати или други условия на електроенергийната система с необичайна или опасна природа и да имитират подходящо действие на контролна верига.

Заснетите „Осцилографски“ записи от регистраторите на защиты от нов тип, монтирания ЕЕС на Косово показаха правилна работа при настройки съобразени с възможността за реверсиране на мощностните потоци и „коефициентите на подпора“, формирани от разпределените генератори.



Фигура 4.5.3. Запис за извод от подстанция 110 kV “Kosovo A-Prishtina 4”

ГЛАВА 5 МОДЕЛИРАНЕ НА СТРУКТУРАТА НА МРЕЖАТА

Елементите на системата: електропроводи, трансформатори, товари и генератори са въведени в софтуерни пакети ETAP и NePlan за съставяне на моделите, които максимално точно да описват топологията на мрежата. Моделирани са и функциите за защита, на база на характеристиките на монтираните устройства. В енергосистемата на Косово преди са били инсталирани следните видове защиты:

- Дистанционни защиты:
 - L8a-4, LZ32-3 BBC, L3wjaS BBC, R3Z27, 7SJ 24 SIEMENS;
- Диференциални защиты:
 - TZD 20, RD 20;

Максималнотокови защиты:

- TZI 1201, RI 130, RIT 30.



Фигура 5.5.1. Диференциална защита и максималнотокова защита

Поради редица недостатъци, защитите от по-стари типове са подменени с нови цифрови устройства.



Фигура 5.5.6. Нови типове защиты



Фигура 5.5.7. Цифрова с-ма за АРН

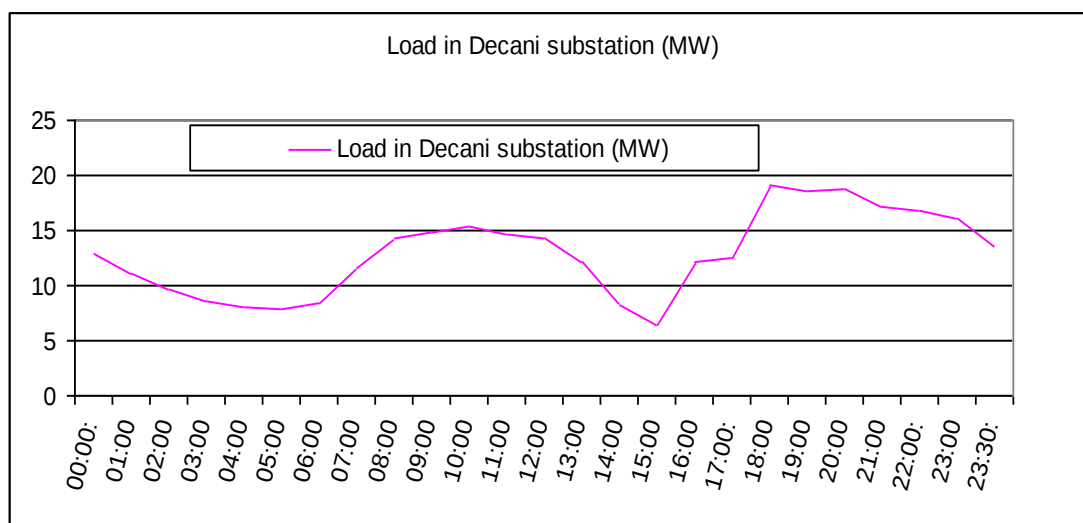
ГЛАВА 6 СВЪРЗВАНЕ НА НОВИ ГЕНЕРАТОРИ В ЕЕС НА КОСОВО

6.4.1. Свързване на нови генератори към разпределителната система в области на Косово

Понастоящем ЕЕС на Косово работи с известен недостиг на генериращи мощности, което води до проблеми свързани с баланса между потребление и производство. Налице са някои елементи в системата които могат да бъдат идентифицирани като „слаби места“. На база на направените във връзка с дисертационния труд анализи могат да бъдат направени някои основни изводи:

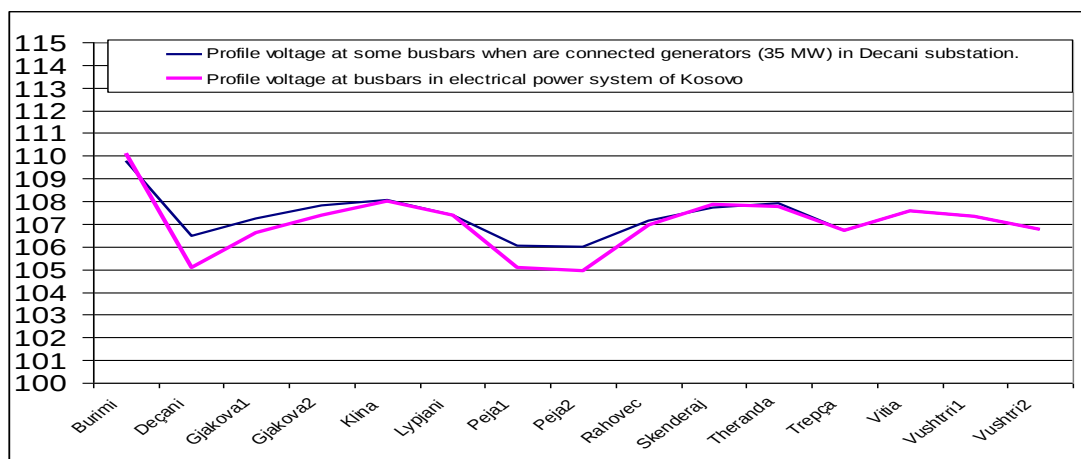
- Необходими са допълнителни връзки на 110kV за ограничаване на смущенията за потребителите при отпадане на отделни ЕП.
- По-добра обвързаност на ЕЕС на Косово с ENTSO-E ще даде възможност за по-добър трансграничен обмен.
- Разпределени генератори на електрическа енергия могат да подобрят профилите на напрежението в периферни възли на ЕЕС, като се избегне необходимостта от изменения в преносната система.

Товарът в определени точки на ЕЕС се изменя силно в рамките на денонощието, поради доминиращия комунално-битов товар и натоварване от малки промишлени предприятия.

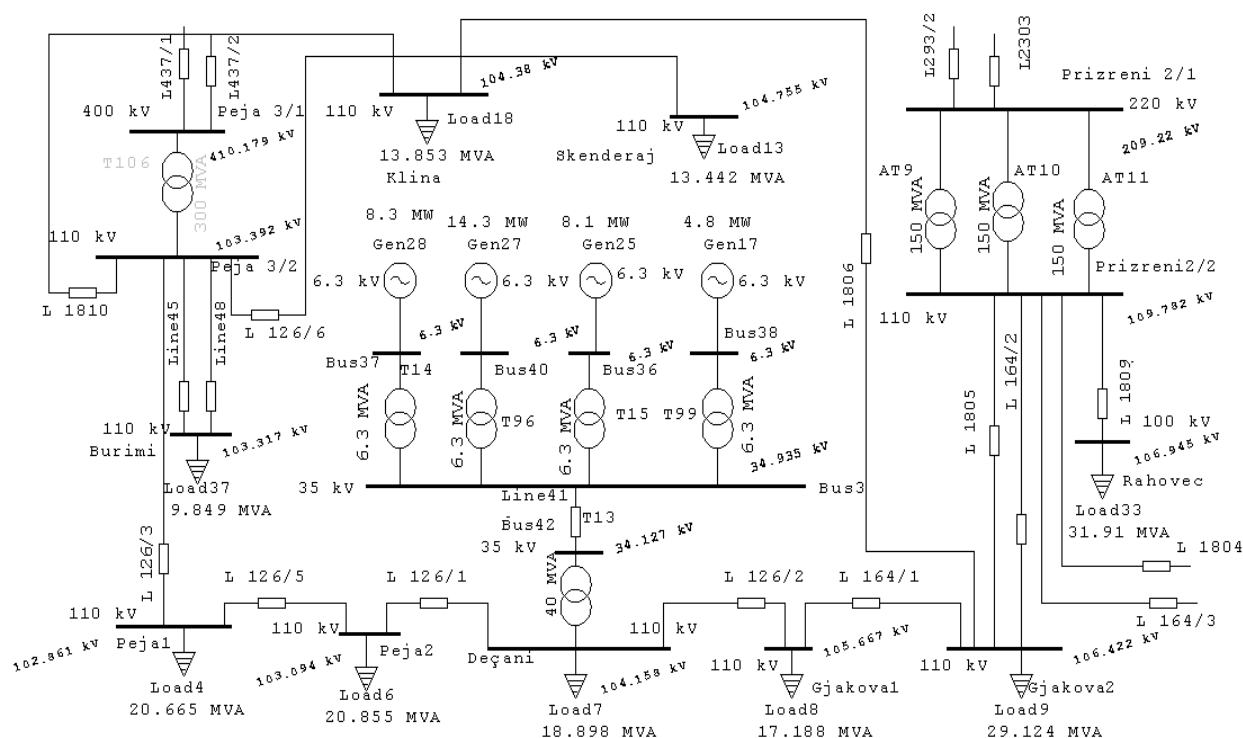


Фигура 6.3.8. Товаров график на подстанция “Decani”

В района захранен от подстанция “Decani”, както и в други райони са регистрирани отклонения на напреженията на шините извън допустимите нормативни граници. Направеният анализ на база на модел с ЕТАР, показва че присъединяването на ВЕЦ към подстанция “Decani” ще подобри профила на напрежението за потребителите присъединени към подстанцията и ще има положителен ефект за други възлови точки на ЕЕС.



Фигура 6.3.10 Отклонения на напрежението в определени възли (шини на подстанции) в ЕЕС на Косово (по ординатата – U, kV).

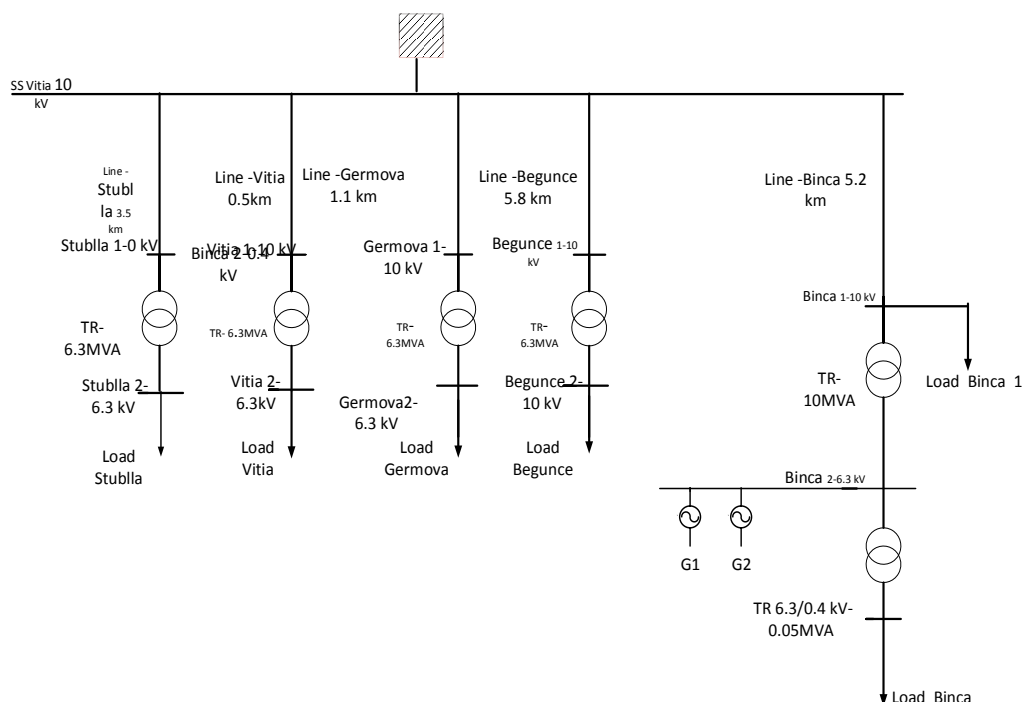


Фигура 6.3.11 Работа при изключен трансформатор в подстанция “Реја 3” но присъединени генератори към подстанция “Decani” (35 MW).

Събраните данни от ЕЕС на Косово, проведените изследвания дават основание да се твърди, че присъединяването на нови генериращи мощности ще ограничи загубите от пренос, най-вече от трансграничен пренос и ще ограничи зависимостта от внос на електрическа енергия.

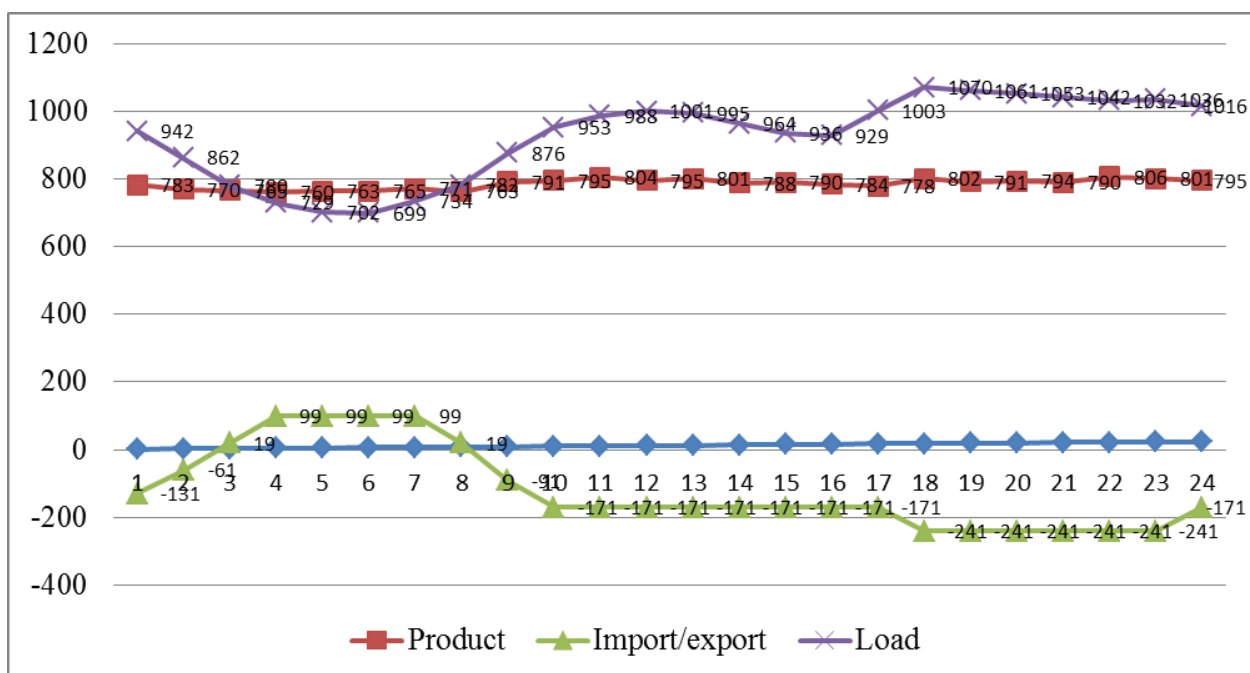
6.4.2. Свързване на нови генератори към разпределителната система в област Vitis

Един от проектите, свързани с изграждането на нови ВЕИ от разпределен тип в Косово е изграждането на ВЕЦ с мощност 900 kW в област Vitis. Схема на присъединяването е представена на фиг. 6.4.2.1

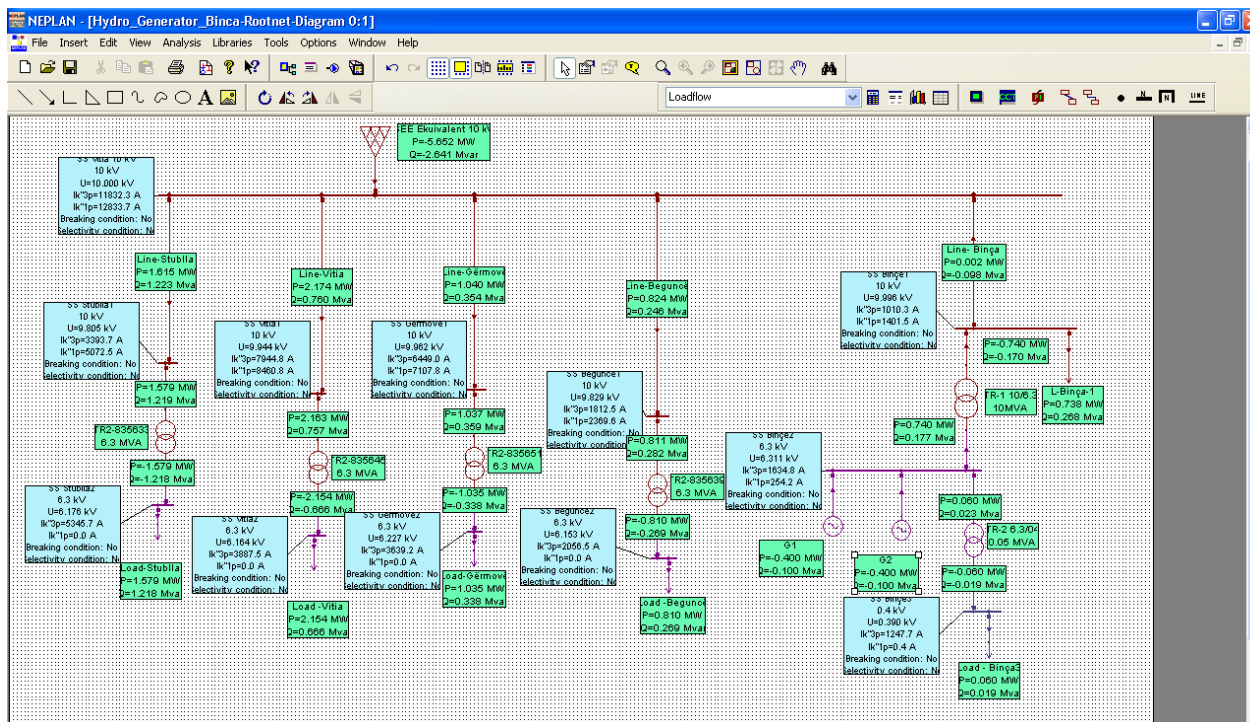


Фигура 6.4.2.1 Свързване на нови генератори в област Vitia.

За да бъде оценен ефектът от изграждането на ВЕЦ в област Vitia бе съставен модел в NePlan за оценка на влиянието на генераторите. Основният изглед на структурата на модела е представена на фиг. 6.4.2.1. Присъединяването на генераторите ще подобри качеството на захранването на потребителите в района на ВЕЦ, като ще бъдат ограничени колебанията на напрежението, които са регистрирани при наличната схема на захранване. Пример за ден с участие на разпределена генерация в баланса на мощността е представен на следващата фигура.



Фигура 6.4.7. Дневен баланс товар/производство в Косово за 02.01.2017.
(производство; внос/износ; товар)



Фигура 6.4.5. Текущо положение в подстанция Vitia при присъединени генератори.

NEPLAN - [Low Voltage Calculation]

File Edit Format Grid Settings View Window Help

Hydro_Generator_Binca

Rootnet

SCCmax3

SCCmin2

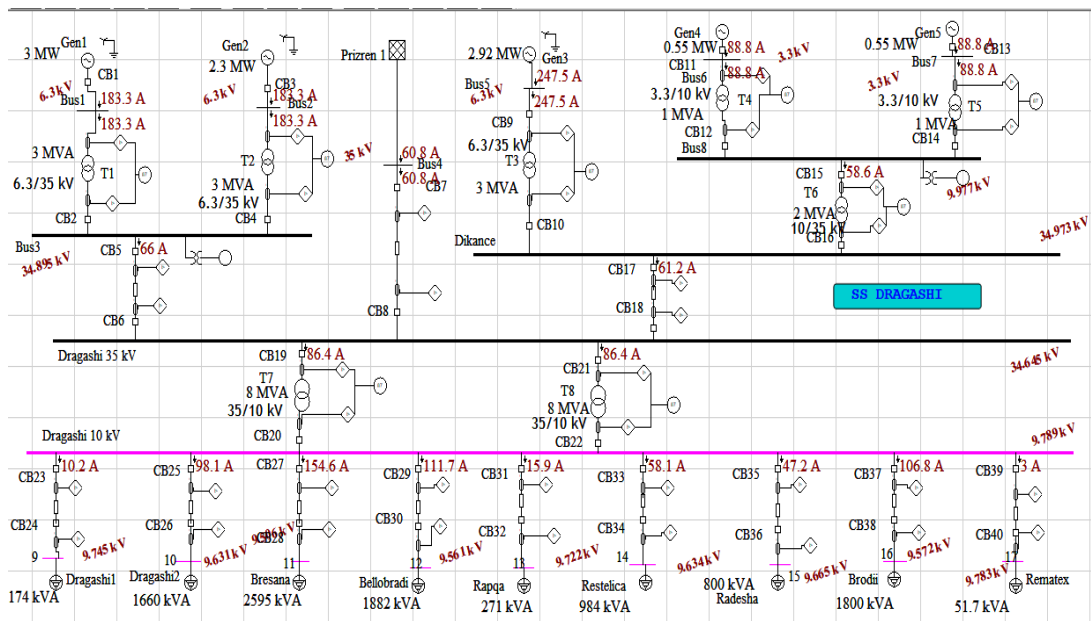
SCCmin1

ID	Node	Description	U	u	U Angle	Ik ¹ p min	Ik ¹ p min Angle	Ik ³ p min	Ik ³ p min Angle	Ib
			V	%	°	A	°	A	°	A
1	324	SS Vitia 10 kV	10002.1	100.02	0	12833.7	-76.3	11832.3	-82.6	361.3
2	835110	SS Binç#2	6313.5	100.21	0.6	254.2	-83.8	1634.8	-36.5	75.4
3	835385	SS Binç#1	9999.1	99.99	0.1	1401.5	-28.7	1010.3	-27.9	43.9
4	835659	SS Stubla1	9805.5	98.06	0.2	5072.5	-32.6	3393.7	-32.2	118.7
5	835125	SS Binç#3	390.3	97.59	-3.2	0.4	90	1247.7	-85.1	93.1
6	835665	SS Stubla2	6175.6	98.02	0.2	0	90	5345.7	-32.8	186.4
7	835676	SS Vitia1	9945.5	99.46	-0.1	8460.8	-57	7944.8	-57.1	135.5
8	835684	SS Vitia2	6164.4	97.85	-2.2	0	90	3887.5	-76.2	211.2
9	835704	SS Gërmovë2	6228.9	98.87	-1.1	0	90	3639.2	-75	100.9
10	835696	SS Gërmovë1	9965.1	99.65	-0.1	7107.8	-57.6	6449	-57.3	63.1
11	835716	SS Beguncë2	6155.8	97.71	-1.2	0	90	2056.5	-50.9	80
12	835730	SS Beguncë1	9833.3	98.33	-0.4	2369.6	-39.1	1812.5	-34	50.1
13		Pv= 77.5 kW Qv= 63.9 kVar								

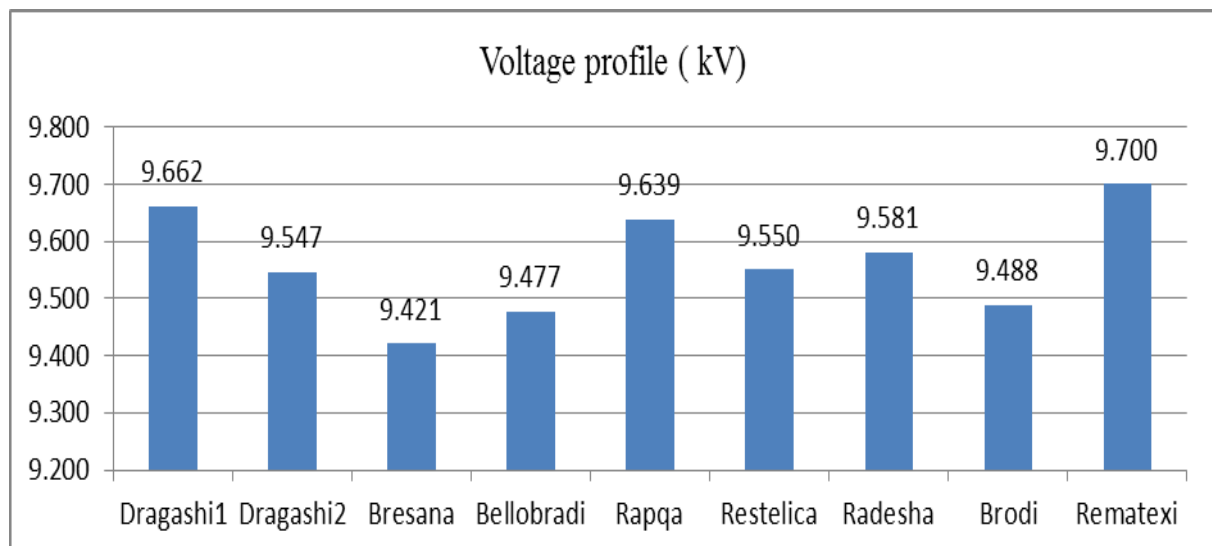
Фигура 6.4.6. Изчислени стойности на напрежението за подстанция Vitia при присъединени генератори.

6.1 Свързване на нови генератори в подстанция Dragashi

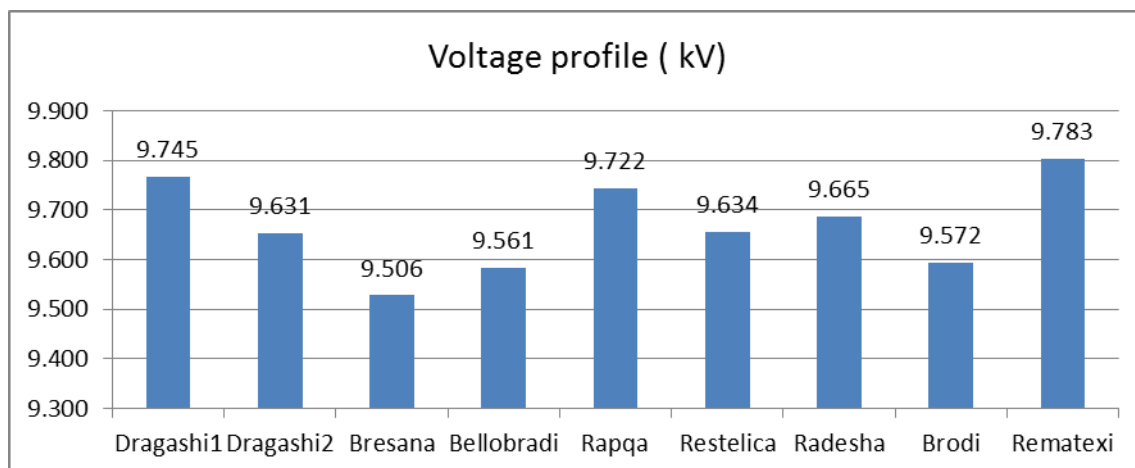
В района на Dragashi се предвижда да бъдат изградени няколко водноелектрически централи. В тази глава е анализирано въздействието на два генератора (с обща мощност 5.3 MW), инсталирани във водноелектрическата централа Brodi. В бъдеще в този регион са планирани и други генератори с мощност до 10 MW.



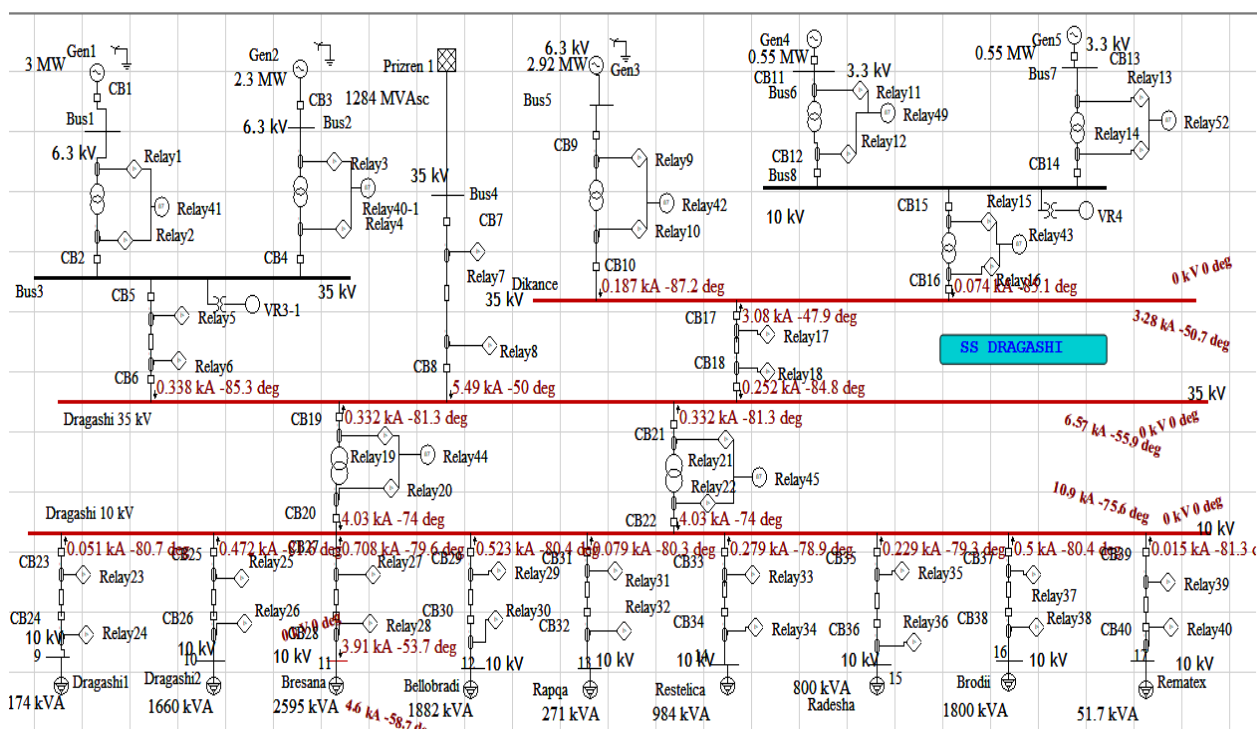
Фигура 6.5.1.1 Модел на свързване на нови генератори в подстанция Dragashi



Фигура 6.5.1.2 Профил на напрежението в подстанция Dragashi -35/10 kV преди свързване на нови генератори.



Фигура 6.5.1.3 Профил на напрежението в подстанция Dragashi -35/10 kV след свързване на генераторите (5.3 MW).



Фигура 6.5.1.4 Ток на трифазно к.с. на шина 35 kV в подстанция Dragashi след свързване на генераторите.

От получените резултати се вижда, че напрежението на шината се увеличава, но в същото време, когато генераторите са свързани, токът на късо съединение се увеличава при шина 35 kV от 6.28 kA на 6.57 kA. Въпреки това, тъй като прекъсвачите са предвидени за по-високо ниво на токове на късо съединение, няма необходимост да се подменят. При работа на генераторите на новата ВЕЦ, профилът на напрежението ще се подобри, като възможностите за регулиране от ВЕЦ ще намалят честите превключвания на стъпалните превключватели, които се налагат в момента.

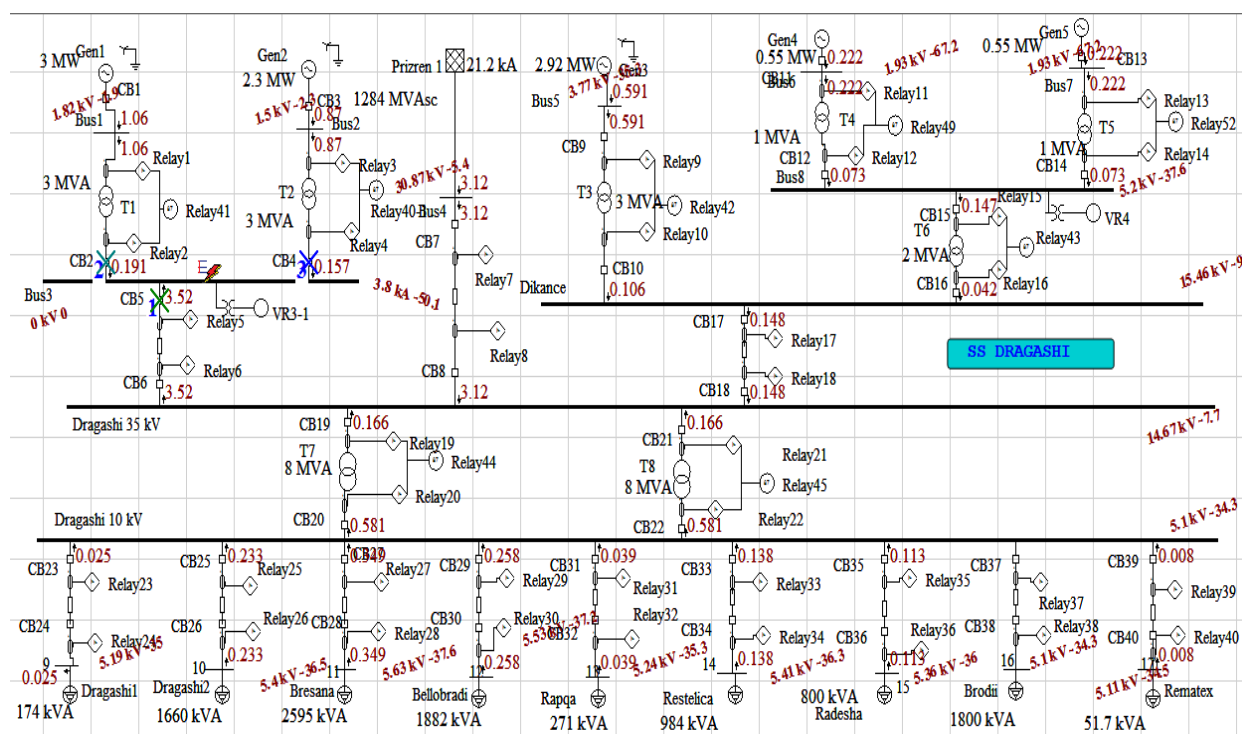
6.5.2. Настройване на релейните защиты

Извършен е анализ на поведението системата за релейна защита в някои случаи на повреди. Първият анализиран случай е, когато се изчислява токът на късо съединение при повреда на шина 3 на подстанция Dragashi 35/10 kV.

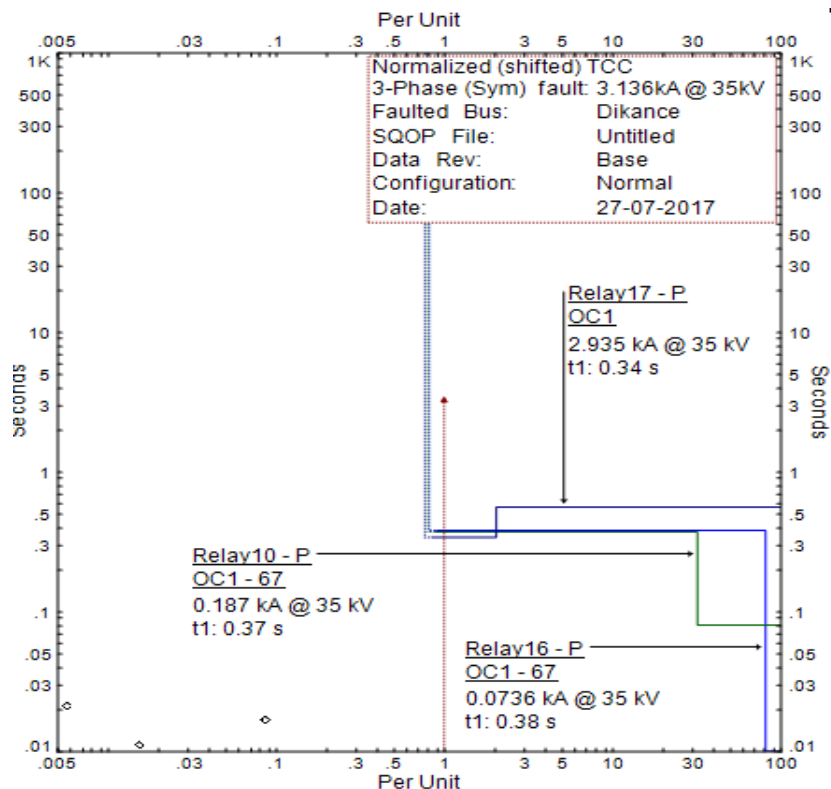
Следващата фигура 6.5.2.1 показва ситуацията, когато токът на късо съединение е изчислен при повреда в шина 3 и последователността от действия на релейната защита.

В този случай токът на късо съединение в шина 3 е 3.8 kA. Най-голямото въздействие върху късо съединение в шина 3 е от подстанцията 35 kV Dragash с ток 3.52 kA, а от генераторите – въздействието на късо съединение с ток 0.157 kA и 0.191 kA.

На фиг.6.5.2.2 е представена координацията на защитните устройства, когато късото съединение възниква в шина 3.



Фигура 6.5.2.1 Ситуация с ток на к.с. на шина 3 и последователност от действия на релейната защита.

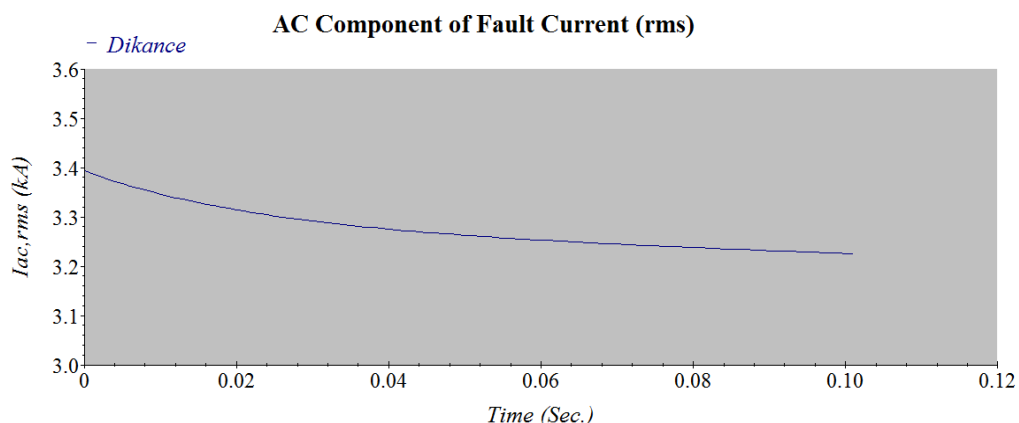


Фигура 6.5.2.4 Координация на защитите при късо съединение в шина на Dikance.

В този случай е представена координацията на защитното устройство при късо съединение в шина на Dikance. Първо, реагира реле 17 и изключва прекъсвача CB17 (0.34s), след което реагира реле 10, което изключва прекъсвача CB10 (0.37s) и крайната релейна защита 16 реагира и изключва прекъсвача CB16 (0.38s).

Фиг. 6.5.2.4 показва, че най-голямо влияние върху тока на късо съединение в шина на Dikance е от линията (с 2.93 kA) и след това от други клонове с токове 0.187 kA и 0.074 kA.

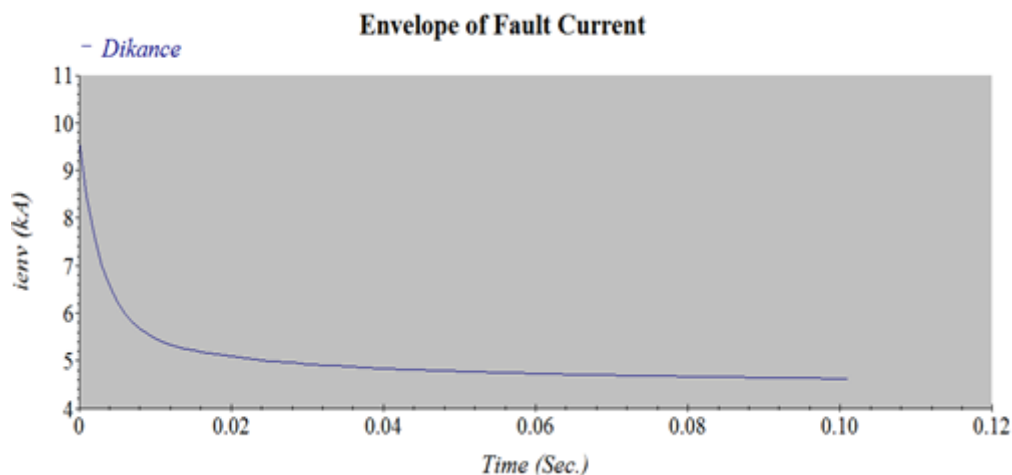
На фиг. 6.5.2.5 е представена променливотоковата компонента на късо съединение, когато се получи късо съединение в шина на Dikance.



Фигура 6.5.2.5. Изменение на ефективната стойност на променливотоковата (АС) компонента на тока на повредата.

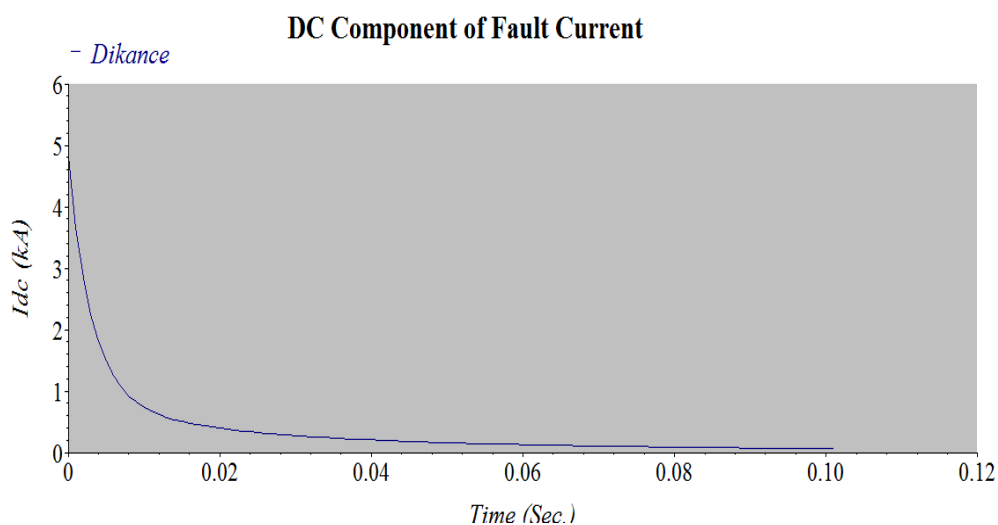
Променливотоковата компонента на тока на късо съединение е 3.39 kA в момента, когато се моделира късо съединение в шина на Dikance и тази компонента намалява с времето.

На фиг.6.5.2.6 е представена обвивната крива на тока на повреда при късо съединение в шина на Dikance.



Фигура 6.5.2.6 Обвивна крива на тока на повреда в шина на Dikance.

В момента, когато се получи късо съединение в шини на Dikance, обвивката на тока на повреда е 9.597 kA и той намалява с времето.



Фигура 6.5.2.7 Постояннотокова компонента на тока на повреда, когато се моделира к.с. в шина на Dikance.

Постояннотоковата компонента е 4.798 kA, когато се моделира късо съединение в шина на Dikance и тази компонента намалява с времето в зависимост от времевата константа, формирана от съотношението X/R , специфично за фидерите.

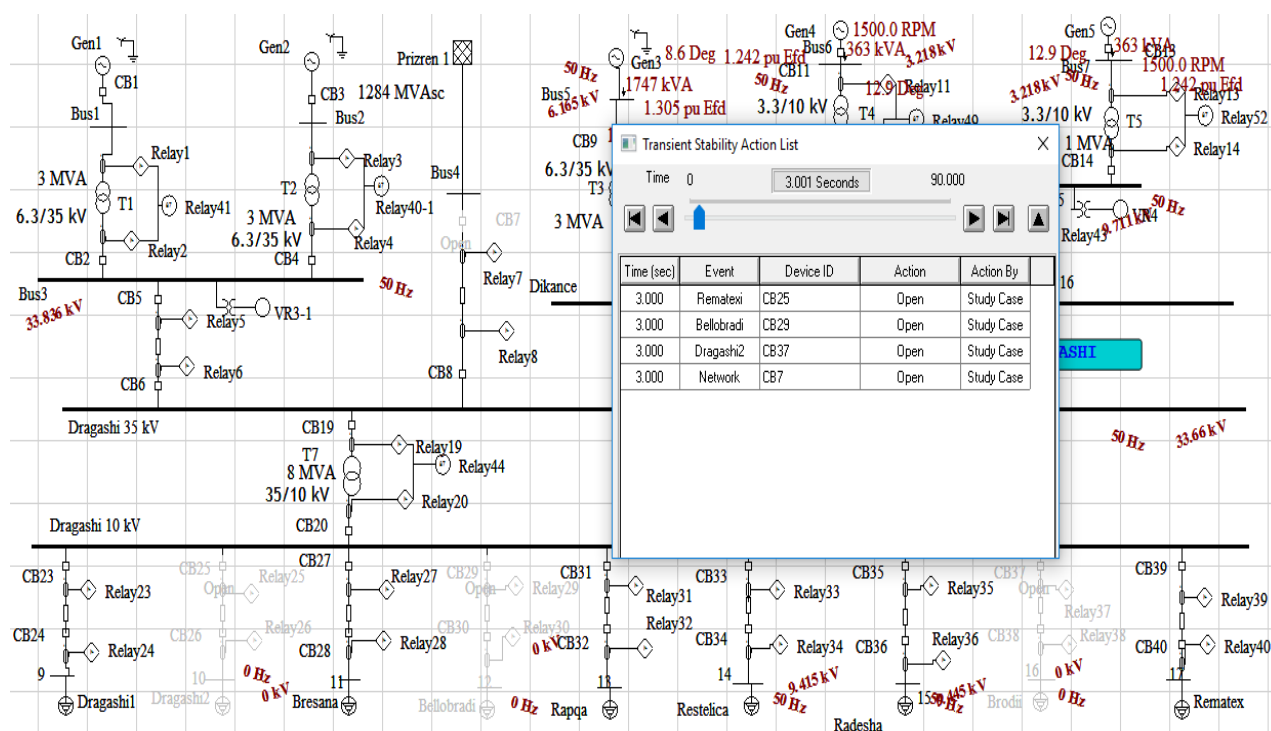
6.5.3. Работа на потребителите, присъединени към подстанцията с присъединени генератори, отделени от ЕЕС

В главата е представен и случаят, когато мрежата не е разполагаема, докато генераторите работят в подстанция Dragashi и запазват присъединените към подстанцията потребители в автономен режим.

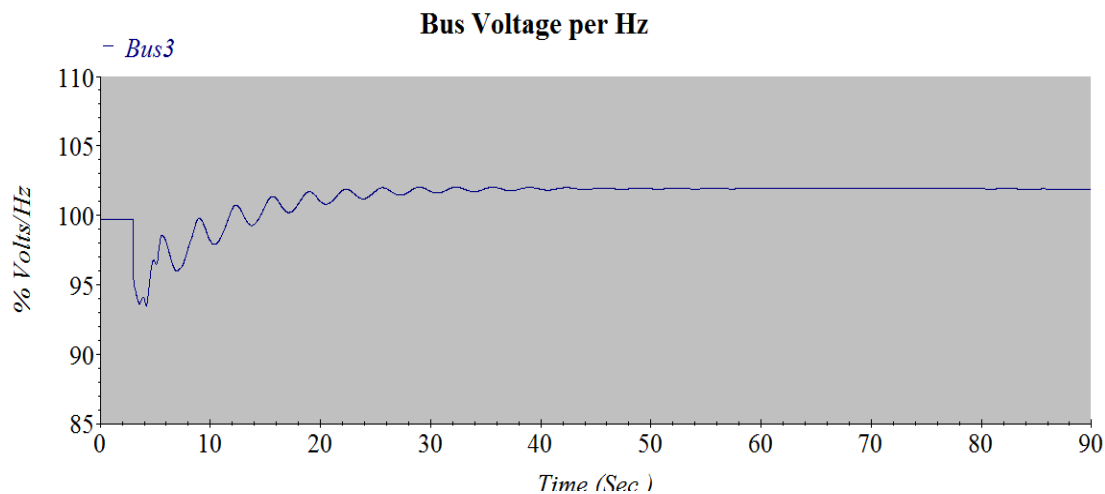
В подстанция Dragashi е анализиран случай, когато прекъсвачът CB7 изключва (няма връзка с ЕЕС), като в същото време релейните защиты изключват прекъсвачите CB 25, CB29 и CB37, за да не се получи загуба на външно захранване в тази подстанция. На шини 3 и 8 са монтирани релейни защиты (VR3 и VR4), които ще изключат прекъсвачите CB5 и CB15, ако напрежението падне под 90% от номиналното напрежение.

Стабилността се анализира за продължителност от 90 s. В случай, че прекъсвачът С7 е изключен, за да се поддържа стабилността на системата, т.е. да се избегне каскадиране на системата, прекъсвачът СВ25, СВ29 и СВ37 е изключен ("отворен"), докато другите прекъсвачи са включени.

На фиг.6.5.3.2 се вижда, че на шина 3 стойността на напрежението се променя. В момента 4.201 s стойността на напрежението е 93.485% от номиналната стойност, докато честотата в този момент е 51.4 Hz. След 73-тата секунда няма значителна разлика в напрежението на шина 3. По това време честотата варира от 49,9 до 50,08 Hz.

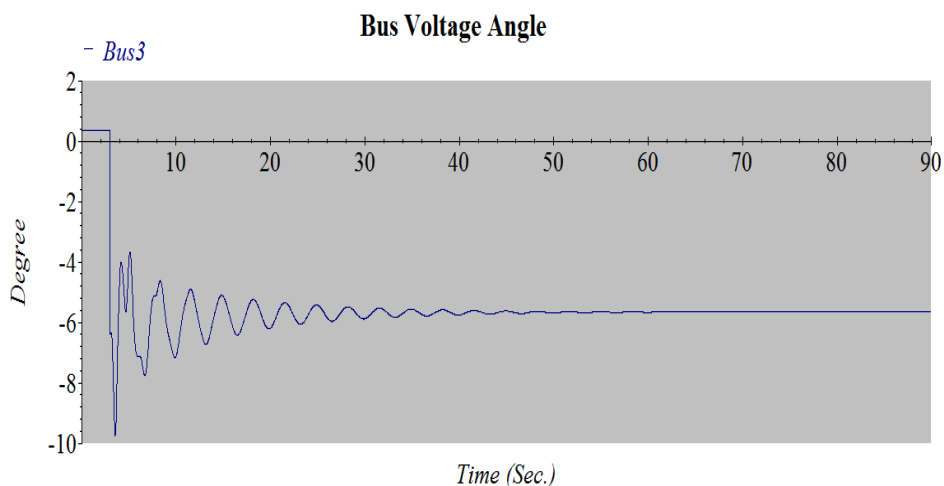


Фигура 6.5.3.1. Ситуация в подстанция Dragashi, когато няма връзка с ЕЕС.

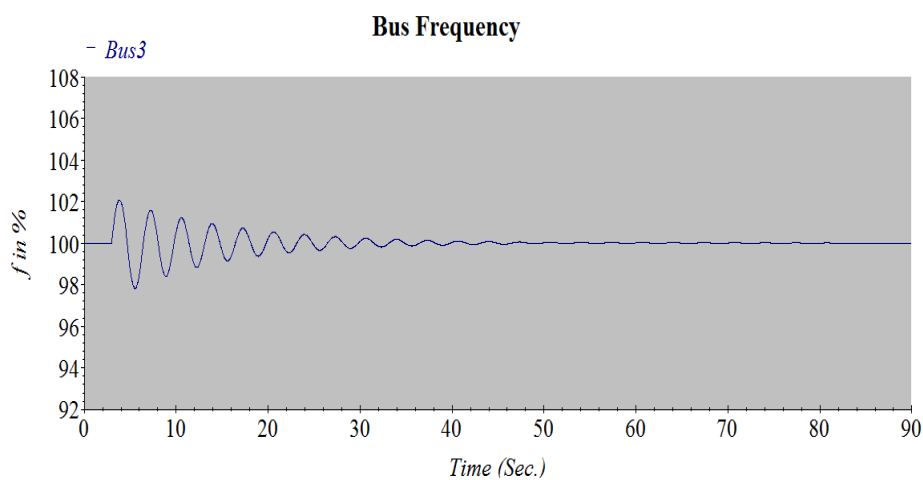


Фигура 6.5.3.2. Напрежение на шина 3.

Стойността на ъгъла на напрежението на шината се променя при изключване на СВ7, а през втория интервал от 3.561 s ъгълът е - 9.746° [електрически градуси], след което от този момент ъгълът варира и след 60 секунди този ъгъл се стабилизира.

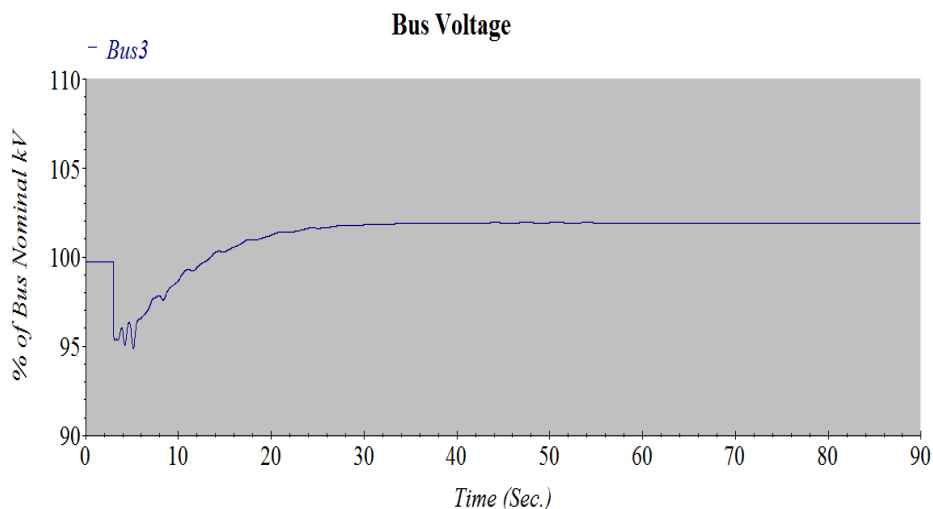


Фигура 6.5.3.3. Ъгъл на напрежение на шина 3.



Фигура 6.5.3.4. Честота на шина 3.

През втория интервал от 3.821 s честотата е 102.04 % от номиналната стойност. След 80 s няма съществено изменение в честотата на шина 3.



Фигура 6.5.3.5 Напрежение на шина 3, когато има изключване на връзката с ЕЕС.

На шина 3 стойността на напрежението през втория интервал от 5.161 s стойността на напрежението е 94.879 % от номиналната стойност. След 50 s стойността на напрежението е близка до номиналната стойност.

От представените в тази глава резултати за изследване ефекта от присъединяването на нови разпределени генератори с предвидена мощност от 5.3 MW към разпределителната мрежа на област Dragashi бе установено, че ще има подобряване по отношение на качеството на електроснабдяване на потребителите захранвани от подстанцията „Dragashi“.

От представените резултати от симулацията може да се направи изводът, че разпределените генератори могат значително да повлияят на стабилността, не влияят на т.к.с. в степен, която да изисква подмяна на оборудване, няма необходимост от промяна на структурата на радиалната мрежа и има подобряване на профила на напрежението. Ако разпределената генерация бъде инсталирана по план в разпределителната мрежа на област Dragashi, профилът на напрежението ще бъде подобрен и ще има възможност за автономно захранване на потребители, при смущения / отпадане на захранването от ЕЕС.

НАУЧНО-ПРИЛОЖНИ И ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ

Научно-приложни приноси

Основен научно-приложен принос е разработването на комплексен подход за проверката на влиянието на разпределената генерация, върху работата на съществуваща разпределителна мрежа. Представени са резултати от анализи, които са необходими за всяка мрежа, към която ще бъдат присъединени нови производствени мощности. Представен е подход за настройка на релейните защиты в разпределителната мрежа, използван в електроенергийната система на Косово. Систематизирани са подходи, критерии и необходимите изследвания, свързани с развитието на разпределителната мрежа за оценка на въздействието на присъединените генератори, както и разкриването на възможности за намаляване на загубите на електроенергия, чрез набор от оценени мероприятия. Разработен е подход за оценка на влиянието на работата на генераторите върху нивата на напрежение, токовете на к.с. и устойчивостта по честота и напрежение на електроенергийната система (ЕЕС).

Резултатите от дисертационния труд може да бъдат използвани в проектантската, експлоатационната и диспечерската практики, както и при преподаване на дисциплините, свързани с ЕЕС.

Приложни приноси

В тази дисертация са анализирани режими и повреди, които могат да възникнат когато нови генератори са свързани в разпределителната мрежа на Косово към подстанция „Sharr“, подстанция „Dragashi“, подстанция „Vitia“, и подстанция „Decani“.

От получените резултати и извършените анализи са направени следните изводи, приложими както за разглеждания обект, така и за присъединяване на нови „разпределени“ генератори в общ план:

- Присъединяването на разпределени генератори към разпределителната система води до увеличаване на нивата на т.к.с. на повредите в мрежата – както за електрически „близки“, така и за поотдалечени възли;
- Присъединяването на разпределени генератори в разпределителната система води до повишаване на напрежението в мрежата;
- Присъединяването на разпределени генератори в разпределителни сегменти от ЕЕС води до промяна на потокоразпределението, може да доведе до „реверсирани“ мощностни потоци;
- Присъствието на разпределени генератори на място, близо до подстанцията, води до намаляване на приноса на потребителите в стойностите на т.к.с., но токът на повреда все пак се увеличава;

- От получените резултати се вижда, че товарът в схемата води до намаляване на тока в засегнатия от повредата клон и увеличаване на тока в генераторния клон. Това влияние следва да бъде отчетено при настройване на защитите на връзките излизащи от страна високо напрежение на повишаващия трансформатор;
- Инсталираната мощност и импедансът на трансформаторите, посредством които се присъединяват разпределените генератори следва да бъдат съобразени с различните възможни режими, включително връщане на пълната мощност на генератора към ЕЕС;
- Малки ВЕЦ могат да бъдат използвани за резервиране на потребители, при отпадане на захранването от ЕЕС;
- Настройките на релейните защиты следва да бъдат адаптирани при присъединяване на генератори. Трябва да бъде осигурена възможност за селективност както при работа на генераторите в паралел с ЕЕС, така и в автономен режим, ако се предвижда такъв.

Друго въздействие на нарастващия брой присъединени разпределени генератори е, че мрежите се приближават до работните им пропускателни възможности. По-конкретно, повишаването на напрежението е идентифицирано като основна пречка за по-нататъшно увеличаване на инсталираната мощност на разпределените генератори.

Проверката на действието на РЗ е задължителна при присъединяване на нови мощности. Това е представено в настоящата работа чрез действителен преглед на функциите за защита (използвайки софтуера ЕТАР 12.6). За да се гарантира, че свързването на разпределената генерация не възпрепятства правилното действие на система за защитна, трябва да бъде изпълнено проучване за оценка на действителното въздействие върху защитната система преди свързване на всеки нов генератор. Анализът на поведението на защитата ще определи въздействието върху поведението на защитата и ще препоръча, ако е необходимо, надстройване на защитната система, като например: преразглеждане на съществуващите настройки на релета, добавяне на нови релета към мрежата или модернизиране на съществуващи релета.

СПИСЪК НА ПУБЛИКАЦИИТЕ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

- [1]. **Rexhep Shaqiri**, Bogdanov Dimitar.
Connection of new generators in the electrical power system of Kosovo, proceedings of the “International Symposium on Sustainable Development” (ISSD 2014) "Biotechnology for sustainable development" Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, May 15 - 18, 2014, ISBN 978-9958-834-36-3, COBISS.BH-ID 21304838. Publisher International Burch University (IBU) pp. 253-264.
- [2]. **Rexhep Shaqiri**, Dimitar Bogdanov.
Connection of new generators to the “Prizreni 2” substation and their impact on the level of short circuit current. Proceedings of Technical University of Sofia. Volume 64, Issue 3: VI th Scientific Conference of the Faculty of Electrical engineering, September 15 – 17, Sozopol, Bulgaria, 2014.
- [3]. **Rexhep Shaqiri**, Vezir Rexhepi, Dimitar Bogdanov.
Case study of connection of new generators to the electrical distribution system of “VITIA”. Proceedings of technical University of Sofia. Volume 66, Issue 1: VII th Scientific Conference of the Faculty of Electrical engineering, Sozopol, Bulgaria, 2015.
- [4]. **Rexhep Shaqiri**, "Reducing the Losses in the Electrical Power System of Kosovo by Implementation of New Type of Transformers in the Power Distribution System", Materials Science Forum, Vol. 856, pp. 331-336, 2016.
- [5]. **Rexhep Shaqiri**, Dimitar Bogdanov, Erdet Nasufi.
Model for Estimation the Effects of New Generators Connected to Existing Distribution Network of Kosovo. 19th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies (SIELA 2016) 29 May - 1 June 2016, Bourgas, Bulgaria. ISBN: 9781467395236, pp. 405-410.

SUMMARY

The integration of DG in existing distribution networks is a challenge that has to be solved in the near future. According to some studies, the distribution system considered the most expensive part of the electric network. The efficient integration of distributed generation in existing distribution networks is essential when the amount of distributed generation is increasing and this thesis is focused on this objective.

In Kosovo there are two thermal power plants, which have been built before many years. “Kosovo A” thermal power plant has three generators, which were built in 1970, 1971 and 1975. “Kosovo B” is the second big TPP –it has two generators, which were built in 1983 and 1985. These plants were built in the municipality of Obilic location. Kosovo Energy Corporation is a public company in Kosovo, which owns and operates assets in electricity generation and lignite mining.

The result of the exploitation of coal for decades, for the production of electricity, is constantly followed by impact on the environment as: Air pollution as a result of emissions in the atmosphere; Water pollution - as a result of technological wastewater discharges; Land- degradation as a result of mining activities. Due to the aging and pollution that is causing the “Kosovo A” thermal power plant, Kosovo has received a request from the European Union that it should close them.

The thesis and the results reported in publications, are aimed in analysis of the options for increasing the power generation resources of Kosovo grid, increasing its efficiency (reduction of losses) and implementation of modern equipment. It has been aimed to present a complex approach for analysis of the new distributed power generations impact on the grid: aspects of short circuits contribution, voltage profile and impact on the grid losses. Results (records) from power metering systems, relay protection systems and other registration equipment (including SCADA) has been used as basis for analysis. Models with software packages NePlan and ETAP have been created and used for the analyses. Several power plants which are foreseen for construction has been analyzed. In particular studies were made for the 10 kV and 35 kV distribution network in Dragashi, Vitia, Decani, Prizreni and Sharr. The grid was modeled in NEPLAN and ETAP 12.6.

The tested network was modified and analyzed for different situations, changing the location, technology and increasing the penetration of DG. From the analyses are some conclusions were extracted:

- Penetration of any DG into a distribution system causes an increase in the fault level of the network at any fault location;
- Penetration of any DG into a distribution system causes an increase of voltage in the network;
- Penetration of a DG in the system causes it to lose its typical “single – direction” radial power flow characteristics;
- Presence of the DG in a location close to the substation causes a decrease in the utility contribution to the fault but the fault current is still increased;

- Stability of the distribution network is improved when new distributed generators are connected.

The islanding operation and power frequency balance can adopt the islanding operation and power frequency balance practices in large centralized stations transmission systems. Another impact of the increasing penetrations of DG is that networks are being pushed closer to their operating limits. In particular, voltage rise has been identified as a key barrier to further DG capacity. Active management of the voltage constraint may be possible, leading to a form of constraint management at distribution level for the first time.

Adding distributed generation to the 10 kV and 35 kV distribution network in Kosovo creates a situation where networks that were designed primarily as tail, radial or open radial networks become looped networks. As a result, distributed generation can cause relays in a protection system to under-reach or over-reach. This has been illustrated in this paper by actual protection review (using ETAP 12.6 software).

In order to ensure that the connection of distributed generation does not inhibit the performance of the protection system, a study to assess the actual impact on the protection system must be completed before any generation is connected. The protection review will determine the impact on the protection performance and recommend if an upgrade of the protection system is required, such as: revision of existing relay settings, addition of new relays to the network or the upgrade of existing relays.

Therefore are several other issues are interesting for future investigation. Some of the issues that are believed interesting are listed as follows:

- Integrating DG into existing distribution networks and the installation of an information system such as the Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) system may help to solve many problems.

- The implementation of adaptive protection is a challenging task since information which is normally not available in distribution networks is needed to update the relay settings.

- The islanding operation and power frequency balance can adopt the islanding operation and power frequency balance practices in large centralized stations transmission systems). Such work on the islanding operation and the power frequency balance can be the continuation of the frequency stability study.

- With significant penetration of power electronics interfaced DG units, over current protection may not work properly, as the short circuit current contribution is less than synchronous machine based DG. Thus, protection of distributed systems with large penetration of inverter based DG needs to be investigated.