

Ørsted • DTU
Center for Elteknologi

Det Enerkipolitiske Udvalg
EPU alm. del - Bilag 227
Offentligt



Folketinget
Christiansborg
1218 København K

21. april 2006

Kære Jan Rasmussen

Med glæde fremsender jeg hermed "Forskningsplan for Center for Elteknologi 2006 – 2009", og håber indholdet vil give inspiration til gensidig kontakt og et fremtidigt samarbejde.

Med forskningsplanen fremlægger Center for Elteknologi (CET) forslag til en intensiv forsknings- og udviklingsindsats frem til 2009, som kan honorere en række af de krav og forudsætninger, der stilles til udviklingen af fremtidens elforsyningssystemer såvel i transmissions- som distributionsnettet. Forskningsplanen er blevet til i samråd med repræsentanter for industrien og elbranchen.

For at kunne honorere fremtidens forskningsmæssige store udfordringer på elforsyningsområdet har Danmarks Tekniske Universitet (DTU) taget skridt til en væsentlig opprioritering af forskningsindsatsen på området. Universitetet har i samarbejde med dele af elbranchen etableret Center for Elteknologi (CET) som et nyt forsknings- og kompetencecenter på elforsyningsområdet.

Med udsendelsen af forskningsplanen inviterer Center for Elteknologi (CET) elbranchen, industrien, virksomheder m.fl. til at indgå i et forskningsmæssigt partnerskab med CET/DTU.

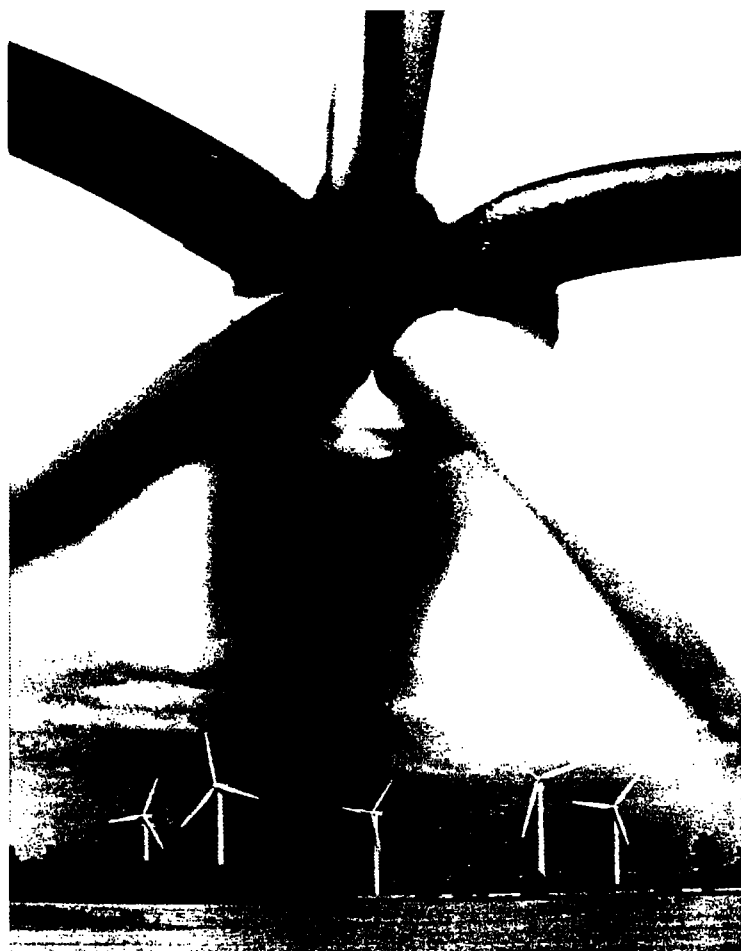
Med venlig hilsen

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'J. Østergaard', written in a cursive style.

Jacob Østergaard
Professor, centerleder



Forskningsplan for Center for Elteknologi 2006 - 2009



Marts 2006

Ørsted • DTU
Center for Elteknologi



Indhold

1. Indledning
 2. Udviklingstendenser
 3. Indsatsområder
 4. Forskningsaktiviteter
 5. Kompetencer
 6. Netværk
 7. Finansiering
- Referencer

Bilag

- A) Nationale og internationale forskningsaktiviteter
- B) Handlinger og arbejdsoperationer i elsystemet
- C) Igangværende og afsluttede forskningsprojekter

Kontakt:

*Centerleder, professor Jacob Østergaard
Center for Elteknologi
Ørsted • DTU
Danmarks Tekniske Universitet
Elektrovej, bygning 325
2800 Kgs. Lyngby*

Tlf.: 45253501

e-mail: joe@oersted.dtu.dk

Forsidefoto: Lars Bahl

Forord

Den øgede liberalisering af elforsyningen, nye markedsbetingelser og -vilkår, behovet for nye energiteknologier og den massive decentralisering af elproduktionsapparatet, stiller helt nye krav til forsknings- og udviklingsindsatsen i de kommende år, hvis sikkerheden i fremtidens elforsyning skal kunne opretholdes på et højt niveau.

For at kunne honorere fremtidens forskningsmæssige store udfordringer på elforsyningsområdet har Danmarks Tekniske Universitet (DTU) taget skridt til en væsentlig opprioritering af forskningsindsatsen på området.

Universitetet har i samarbejde med dele af elbranchen etableret Center for Elteknologi (CET) som et nyt forsknings- og kompetencecenter på elforsyningsområdet.

Med forskningsplanen 2006 – 2009 fremlægger Center for Elteknologi (CET) forslag til en intensiv forsknings- og udviklingsindsats frem til 2009, som kan honorere en række af de krav og forudsætninger, der stilles til udviklingen af fremtidens elforsyningssystemer såvel i transmissions- som distributionsnettet.

Forskningsplanen er blevet til i samråd med repræsentanter for industrien og elbranchen.

Med indsats af nye forskningsressourcer, ønsker Center for Elteknologi (CET) at kunne bidrage til, at fremtidens nye højteknologiske elforsyningssystemer kan udvikles, at forskningsresultaterne kan skabe grundlag for øget vækst og beskæftigelse i virksomheder og til at Danmark internationalt kan blive kendt og anerkendt som et foregangsland på det elteknologiske område.

Med udsendelsen af forskningsplanen 2006 – 2009 inviterer Center for Elteknologi (CET) elbranchen, industrien, virksomheder m.fl. til at indgå i et forskningsmæssigt partnerskab med CET/DTU.

Januar 2006

Center for Elteknologi

Jacob Østergaard
Professor og centerleder

1. Indledning

Denne forskningsplan er gældende for Center for Elteknologi (CET) på Ørsted • DTU i perioden 2006 - 2009. Planen vil blive taget op til årlig revision. Forskningsplanen vil blive anvendt til prioritering og valg af forskningsaktiviteter og i øvrigt styring af forskningsrelaterede aktiviteter på centeret.

Forskningsplanen er en udmøntning af centerets overordnede strategi, som er beskrevet i dokumentet "Center for Elteknologi, Mission – Vision – Strategi" [1]. Planen er udarbejdet af centerets medarbejdere og godkendes af CET's centerkomite.

Med udgangspunkt i udviklingstendenser og fremtidige behov på centerets fagområde, beskriver forskningsplanen CET's prioriterede indsatsområder. Indsatsområderne er fastlagt ud fra en vurdering af dels forskningsbehovet i den danske elforsyningsbranche og tilknyttede industri og dels CET's kompetencer og styrkeområder.

I forskningsplanen beskrives endvidere centerets kompetencer – både de nuværende kompetencer og den planlagte kompetenceudvikling – samt en plan for centerets konkrete forskningsaktiviteter og forskningsprojekter. Endelig behandles rammerne for CET's forskningsaktiviteter herunder netværk, forskeruddannelse, projekttyper og finansieringskilder.

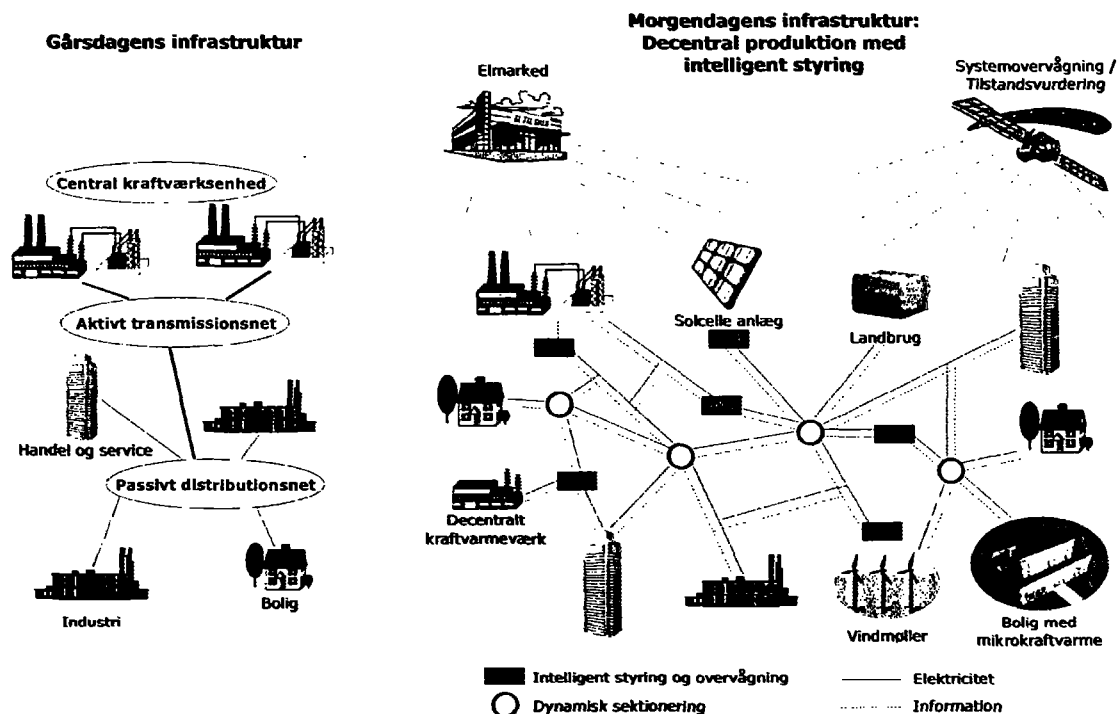
CET er et center under Ørsted•DTU. CET indgår her i et tæt samarbejde med Sektion for Elteknik. Sektionen dækker ud over elsystemer, som er CET's arbejdsområde, også elkomponenter, herunder højspændingsteknologi. Det er kun elsystemområdet, som er behandlet i denne forskningsplan. På undervisningsområdet vil der blive udarbejdet en plan som dækker hele arbejdsområde for CET og Sektion for Elteknik.

2. Udviklingstendenser

Elnettet, som vi kender det i dag, er etableret gennem en mere end 100-årig periode og komponenter, systemer, strukturer, beregningsmodeller, dimensioneringskriterier og ikke mindst proceduresæt og regler er designet og udviklet mod en struktur, hvor produktion i væsentlig grad sker på store centrale kraftværksenheder, og hvor forbruget ligger i "bunden" af systemet. Mønsteret er altså, at den elektriske energi flyder i én og samme retning. Systemet er baseret dels på et aktivt transmissionssystem, hvor komponenter konstant styres, reguleres og overvåges fra centrale kontrolrum, dels på mere passive distributionsnet med kun få reguleringsmuligheder. Systemet er det samme i hele den civiliserede verden.

Med større og større fokus på nye vedvarende energikilder, energiresourcer og energiforbrug, vil det fremtidige elforsyningsystem indeholde mere og mere decentral elproduktion i form af bl.a. vindmøller, biomasseanlæg, brændselsceller og mikrokraftvarmeværker. Sådanne produktionsanlæg er i stort omfang ukontrollerbare og uforudsigelige. Den store andel af decentral produktion betyder at mønsteret ikke længere er envejs, men at den elektriske energi snart flyder den ene vej og snart den anden vej i systemet. Med etableringen af et liberaliseret elmarked under et statsligt

(monopolistisk) ansvar er der samtidig sat fokus på mere omkostningseffektive løsninger. Derfor skal der designes en helt ny systemstruktur som inddrager den decentrale produktion og i betydelig grad fokuserer på at øge intelligensniveauet i såvel transmissions- som distributionsnettet. Sådanne nye rammebetingelser stiller krav om nytænkning, hvis en høj systemsikkerhed skal opretholdes, i det elsystem, der også vil være fremtidssamfundets livsnerve.



Regeringen fremlagde i juni 2005 et oplæg til strategiplan for den fremtidige elinfrastruktur: Energistrategi 2025 [2]. Perspektiverne heri er yderst konservative og peger mod tre hovedudfordringer:

1. Forsyningssikkerhed
2. Globale klimaforandringer
3. Vækst og erhvervsudvikling

Især udfordring 1) og 3) har CET's store interesse. Begrebet forsyningssikkerhed dækker traditionel over to underbegreber; *systemsikkerhed*, der vedrører systemets evne til at modstå driftsfejl og strømafbrydelser – blackouts, og *systemtilstrækkelighed*, der er et udtryk for at der er de tilstrækkelige energiresourcer og den tilstrækkelige kapacitet i systemet, dvs. at udbuddet af el til enhver tid modsvarer efterspørgslen. Regeringens strategiplan behandler i og for sig kun systemtilstrækkeligheden, mens CET's interesse primært er systemsikkerheden. Mht. vækst og erhvervsudvikling er det CET's interesse at etablerer partnerskaber mellem universitetsverdenen, elbranchen, rådgivere og fremstillingsvirksomheder med henblik på styrkelse af Danmarks position på området.

Når det drejer sig om styring, regulering og overvågning af distributionsnettet var Danmark tidligt ude. I 1980'erne tog det daværende DELRI (Danish Electric Research Institute) initiativ til det såkaldte DSO-projekt. Projektets resultater blev primært af økonomiske grunde aldrig ført ud i praktisk anvendelse, men afrapporteringen findes og kan anvendes som grundlag for nytænkning på området.

Internationale visioner peger i retning af etablering af aktive intelligente elsystemer, hvor nye teknologier medvirker til at styre, regulere og overvåge såvel hele systemet som dele heraf (se bilag A). Systemerne skal være så intelligente og samtidig så robuste, at nettene i fejlsituationer automatisk underopdeles i selvstyrende elementer. Herved skal det undgås at selv små – ofte uundgåelige – fejl kan sætte en dominoeffekt i gang og forårsage omfattende strømafbrud, som den vestlige verden har oplevet det gennem de senere år. Danmark kan blive foregangsland i en sådan udvikling. Vores kraftige satsning på vindkraft samt udbygning med decentrale kraftvarmeanlæg, især i det jyskfynske område, har allerede flere gange bragt os i en energibalancesituation, der er frygtet hos mange udenlandske operatører: Når ukontrollerbar produktion fra vindmøller og små decentrale anlæg dækker hele forbruget samtidig med at produktion fra centrale anlæg må opretholdes af hensyn til systemets stabilitet, må overproduktionen kunne eksporteres over kraftige udlandsforbindelser. Det er hidtil gået godt i Danmark. I takt med vindudbygning i vores nabolande vil dette dog blive gradvist vanskeliggjort, og eksporten foregår ofte ved en lav pris, hvilket fra et samfundsmæssigt perspektiv er både økonomisk og miljømæssigt uheldigt. Der er behov for at få udviklet markedsbaserede løsninger som kan løse disse udfordringer. Det kan f.eks. være øget priselasticitet i forbruget og i produktionen fra små kraftvarmeanheder.

Sagt med andre ord: Danmark har en "case" i form af et elsystem, der adskiller sig fra elsystemet i den øvrige vestlige verden og som har betydelig international bevågenhed. Samtidig er der i udlandet en udvikling i gang mod et system, der i væsentlig grad ligner det danske. Danmark har dermed et springbræt til at gå foran i udvikling af fremtidens elsystem.

3. Indsatsområder

Kravene, der stilles til elforsyningssystemet i dag og i fremtiden, omfatter fastholdelse af en ekstrem høj forsyningssikkerhed og en tilsvarende høj systemsikkerhed. Samtidigt stilles krav til forøgelse af omkostningseffektivitet og virkningsgrader, reduktion af miljøemissioner og anvendelse af velfungerende markedsbaserede løsninger.

Det er CET's vurdering, at opfyldelse af disse krav i et elforsyningssystem med en fortsat øget andel af vedvarende energi og decentral produktion skal ske gennem en massiv satsning på forøgelse af intelligensniveauet i det samlede elsystem. "Det intelligente elsystem" kan derfor ses som en paraply og vision for CET's forskningsindsats.

Det intelligente elsystem

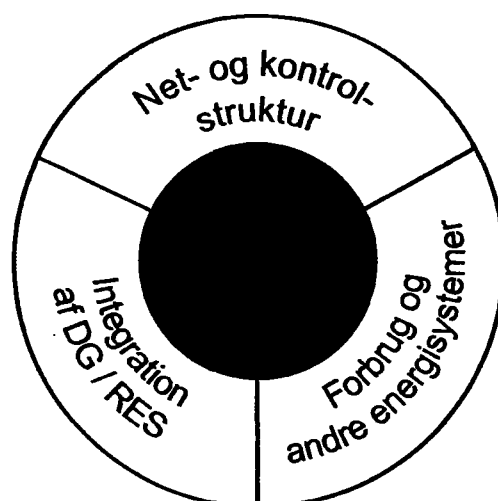


Fig. CET's tre indsatsområder under paraplyen "Det intelligente elsystem" med omdrejningspunkt i systemsikkerhed (DG: Distributed Generation, RES: Renewable Energy Sources).

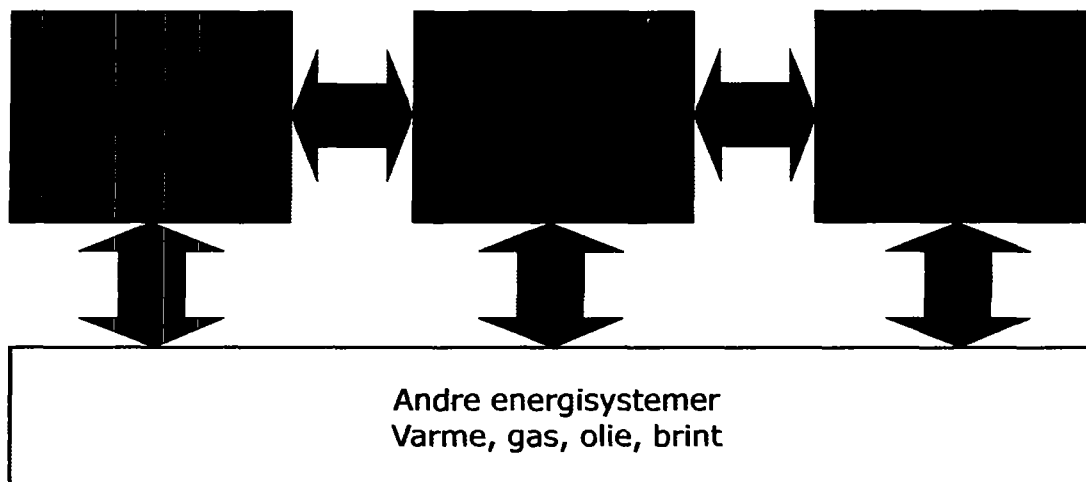
Opretholdelse af en høj forsyningssikkerhed udgør et hovedomdrejningspunkt for den måde, hvorpå elsystemet er designet og drevet. Forsyningssikkerhed, og især systemsikkerheden, vil også være et hovedomdrejningspunkt for CET's forskningsindsats. Det er CET's mål at bidrage til udviklingen af "Det intelligente elsystem" som et system med en betydelig andel af decentral produktion og vedvarende energi, og hvori der omkostningseffektivt gennem markedsbaserede løsninger til stadighed kan opretholdes en høj forsyningssikkerhed.

CET vil fokusere på de elementer af denne vision, hvor det vurderes at være et særligt forskningsbehov hos den danske elforsyningsbranche og tilknyttede industri, og hvor CET kan levere et særligt bidrag med udgangspunkt i CET's faglige kompetencer og styrkeområder. CET's forskning skal endvidere være visionær og appellerende med henblik på tiltrækning og fastholdelse af studerende til branchen og industrien.

CET's forskning under paraplyen "Det intelligente elsystem" vil blive koncentreret inden for 3 indsatsområder:

- Net- og kontrolstruktur
- Integration af decentral produktion og vedvarende energi
- Forbrug og andre energisystemer.

De tre indsatsområder er i vid udstrækning sammenhængende, og forskningen inden for de tre områder vil spille sammen i en helhed. Relationerne mellem de 3 indsatsområder er illustreret i nedenstående figur.



Indsatsområder:

- : Net- og kontrolstrukturer
- : Integration af decentral produktion og vedvarende energi
- : Samspil med elforbrug og andre energisystemer

Indsatsområdet: Net- og kontrolstruktur

En massiv ændring af produktionsapparatet fra centrale til decentrale enheder kalder på nye principper og koncepter for elsystemets net- og kontrolstruktur for sikring af systemsikkerheden. Disse principper skal understøtte integrationen af den decentrale produktion og sikre et teknisk og totaløkonomisk hensigtsmæssigt systemdesign. CET vil under dette indsatsområde gentænke fundamentale principper for design og drift af elsystemet med henblik på udvikling af nye omkostningseffektive metoder til håndtering af et system med massiv decentral produktion.

Via en række muligheder inden for især informations- og kommunikationsteknologi (ICT*) vil CET udvikle nye løsninger til styring og overvågning af elsystemet. Indsatsområdet vil primært fokusere på overordnet systemniveau, transmissionsniveau og ikke mindst distributionsniveau, eksempelvis inden for distributionsautomation og distribuerede kontrolstrukturer.

Anvendelse af nye ICT-teknologier rummer betydelige synergimuligheder mellem system- og distributionsniveau. Der skal derfor etableres løsninger som både sikrer værdi i form af en forbedret systemdrift og værdi i form af en økonomisk effektiv drift af distributionsnettene.

Indsatsområdet: Integration af decentral produktion og vedvarende energi

Med decentral produktion og vedvarende energi i elsystemet følger en række udfordringer omkring integration af produktionen i systemet. Dette omfatter dels den konkrete nettilslutning og dels den systemmæssige indpasning. CET vil under dette indsatsområde udvikle løsninger, der sikrer en optimal udnyttelse produktionsenhedernes

* ICT: Information and communication technologies.

egenskaber i det samlede system. CET vil endvidere udvikle produktionsenhedernes egenskaber herunder forbedre deres evne til at levere systemydelse og optimere de indgående styringsstrategier. Der vil blive sat fokus på udnyttelse og anvendelse af moderne kommunikationsteknologi.

Indsatsområdet omfatter både etablerede og fremtidige decentrale produktionsformer. Vindkraft vil have en særlig rolle, men også decentral kraftvarme, mikrokraftvarme (forbrændingsmotorer, turbiner og brændselsceller), solceller etc. vil indgå centralt. Endelig vil området omfatte vedvarende produktionsformer på transmissionsniveau, f.eks. havvindmølleparker og klyngekraftværker. Modellering og simulering af samspillet med nettet er centrale elementer i indsatsområdet.

Indsatsområdet: Forbrug og andre energisystemer

Der er en særlig udfordring forbundet med opnåelse af balance og stabilitet i et elsystem baseret på mange autonomt agerende produktionsenheder. Dette indsatsområde omfatter derfor metoder til skabelse af fleksibilitet i elsystemet med henblik på sikring af systemsikkerheden og et velfungerende elmarked. Flexibiliteten kan opnås via anvendelse af nye typer af ressourcer som priselastisk elforbrug, og via integration af elsystemet med andre energisystemer.

Der er et stort potentiale for synergieffekter ved integration af elsystemet med andre energisystemer og energibærere (varme, transport, brint, olie/benzin, naturgas etc.). Som eksempel kan nævnes elektrolyse til produktion af henholdsvis brint til transportsektoren og ilt til forbedring af forbrændingsprocesser. Med dette udgangspunkt skal CET fokusere på de muligheder og konsekvenser som integrerede energisystemer giver i elsystemet særligt med henblik på øget forsyningssikkerhed og samspil med fremtidens net- og kontrolstrukturer.

Styringen af forbruget er den største uudnyttede ressource til opnåelse af øget fleksibilitet i elsystemet og vil derfor spille en central rolle for dette indsatsområde. CET skal udvikle løsninger med henblik på at sikre at forbruget bidrager til en øget fleksibilitet. Forbrugsmønstre, markedsmekanismer og anvendelse af informations- og kommunikationsteknologier til praktiske løsninger indgår som centrale elementer.

Sammenfatning

For alle indsatsområder gælder, at fokus i første omgang primært vil være rettet mod analyse, syntese og evaluering under anvendelse af bl.a. modellering og simulering. De teoretisk opnåede resultater vil blive bragt i anvendelse ved gennemførelse af laboratorieforsøg og fuldskala demonstration.

For uddybning af CET's tre indsatsområder er der i nedenstående tabel anført relevante eksempler på emner og nøgleord indenfor hvert område.

I den periode, som forskningsplanen dækker, er det hensigten at starte forskningsaktiviteter med flere forskellige vinkler inden for de tre indsatsområder, for

derigennem at udkrystallisere succesrige forskningsaktiviteter. Dermed forventes ved næste planlagte revision af forskningsplanen en fokusering af indsatsområderne. Se bilag B for et overblik over tidsperspektivet i de tekniske problemstillinger, som behandles af CET.

Indsatsområde	Eksempler på emner og nøgleord
Net- og kontrolstrukturer	Celleopdelte net / Microgrids / Dynamisk sektionering
	Automation i distributionsnet (DSO)
	Distribueret kontrol / Hierarkisk kontrolstruktur / Autonom styring
	Agentteknologi
	Udnyttelse af nye kommunikationsteknologier
	Online estimering af systemtilstand
	Wide area measurement systems
Integration af decentral produktion og vedvarende energi	Nettilslutning af havvindmølleparker
	Systemydelser fra decentral produktion
	HVDC - FACTS - SVC
	Styringsstrategier for MKV og klyngekraftværker
	Integration af mikrokraftvarme (motorer, turbiner, brændselsceller)
	Beskyttelse
	Anvendelse af nye kommunikationsstandarder, f.eks. IEC 61850
Forbrug og andre energisystemer	Demand respons
	Implementering af priselastisk elforbrug
	Forbrugsmønstre
	Systemydelser fra forbrug
	Styringsstrategier for integration af andre energisystemer
	Forsyningssikkerhed i elsystemet ved integration af andre energisystemer

Tabel. CET's tre indsatsområder og eksempler på forskningsemner inden for disse.

4. Forskningsaktiviteter

Forskningsideer

CET skal sikre, at forskningsideer og identificerede forskningsbehov bliver fastholdt, vurderet og drøftet med samarbejdspartnerne og centerkomiteen med henblik på opstart af konkrete forskningsaktiviteter.

Der skal udvikles et system som uden unødigt administration kan anvendes til fastholdelse og modning af forskningsideer. Forskningsideer, som CET vurderer som bæredygtige som grundlag for et forskningsprojekt forelægges i CET's centerkomité.

CET har ambitionen at indtage en ledende aktiv rolle i forbindelse med identificering af og generering af nye forskning- og udviklingsindsatser (F&U). CET skal følge udviklingen af elforsyningens infrastruktur nøje ved en tæt kontakt med partnerne i industrien og elforsyningen. CET skal endvidere have en tæt kontakt med udviklingen på internationalt plan bl.a. ved aktiv deltagelse i CIGRE, CIRED og IEEE PES.

På basis af dette skal CET sammen med partnerne udarbejde konkrete forslag til F&U-aktiviteter. Sammen med partnerne etableres forsknings- og udviklingsprojekter, og CET skal sørge for at projekterne løbende bliver præsenteret for en bredere kreds i industri og elforsyning, f.eks. ved seminarer og workshops.

CET skal have en aktiv rolle ved implementeringen af F&U-resultaterne. Dette gøres ved at medarbejdere fra industri og elforsyning deltager aktivt i projekterne ved at fungere som medarbejdere på deltid eller i perioder i centret på DTU. Ved generering af ny viden skal CET sikre, at relevante forskningsresultater bliver publiceret i internationale anerkendte tidsskrifter og på internationalt anerkendte konferencer.

Ved projektgennemførelse skal CET have fokus på at resultater fra F&U-indsatsen kan komme i praktisk anvendelse i elsystemet. Bl.a. har CET adgang til gode ressourcer i form af værksted og laboratorier til at fremstille prototyper af komponenter og apparater, der skal testes i praksis.

Forskeruddannelse

CET skal arbejde på at etablere et attraktivt fagligt miljø for forskeruddannelsen inden for centerets forskningsområde. Dette skal ske via etablering af et tilstrækkeligt antal ph.d.-projekter inden for CET's indsatsområder. Det er målet, at der parallelt afvikles mindst 4-6 ph.d.-projekter. Ph.d. projekterne kan formuleres som erhvervsPhD-projekter eller eksternt finansierede ph.d. projekter samt DTU-stipendier.

CET skal arbejde på at få etableret en forskerskole på området for elektrisk energi (EnergyLabDK). Forskerskolen skal udgøre et element for rammerne omkring forskeruddannelsen på CET. Forskerskolen skal omfatte ph.d.-stipendier (1/3-stipendier), ph.d.-kurser, gæsteforskere, vejlederudvikling mv. Forskerskolen skal etableres i samarbejde med Sektion for Elteknik og Sektion for Automation på Ørsted•DTU samt Institut for Energiteknik på Aalborg Universitet.

Konkrete forskningsprojekter

Nedenstående oversigt indeholder konkrete forskningsideer, som falder centralt inden for CET's indsatsområder. De enkelte ideer er uddybet med 1 side beskrivelser i en baggrundsrapport [3]. Beskrivelserne af de enkelte ideer vil blive anvendt som udgangspunkt for målrettede drøftelser med eksterne partnere med henblik på udarbejdelse af egentlige projektbeskrivelser og ansøgninger.

De forskningsprojekter som startes i den periode, som forskningsplanen dækker, skal udvælges inden for alle tre indsatsområder. Projekterne bør dække forskellige emner inden for de definerede indsatsområder for derigennem at opdyrke en portefølje af succesrige forskningsaktiviteter. Det forventes, at en eller flere af forskningsaktiviteterne kan udvides til mere omfattende aktiviteter indbefattede f.eks. internationalt samarbejde.

CET forskningsideer		Indsatsområder				Projekttype*	Indhold (Teoretisk/ Eksperimentel)	Varighed og bemanding (År/VIPår/Ph.d.)	Estimeret omfang (mio. kr.)
Nr.	Titel	Integr. af DG+RES	Net- struktur	Kontrol- struktur	Elforbr. og en.s.				
1.	Automation af distributionssystemer med betydelig decentral produktion	(X)		X	(X)	SAM / EU / HTF	T og E	Faseopdeelt ~2-10	
2.	Elforbrug som frekvensstyret reserve				X	PSO / SAM	T og E	2 faser 5-10	
3.	Fuldskala demonstration af priselastisk elforbrug ved udnyttelse af state-of-the-art elmålere			X	X	PSO / SAM	T og E	4 VIPår 5-10	
4.	Mikrokraftvarme – systemintegration	X		X		PSO / EFP / FR	T og E	2-4 VIPår 2-3	
5.	Fuldskala demonstration af distributionsnet med mikrokraftvarme	X		X	(X)	SAM / EU	T og E	Forprojekt: 2-3 VIPår 10-50	
6.	Systemorienteret metodik til valg af styringsstrukturer i fremtidens elsystem	(X)	X	X		SAM / PSO / FR	T	Indledende: 1-2 VIPår ~2	
7.	Agentbaserede styringsstrukturer i elsystemer med betydelig decentral produktion	X		X		SAM / PSO / FR	T	Indledende: 1 Ph.d. ~2	
8.	Anvendelse af effektelektronik i vindmøller med henblik på levering af systemydelse	X		(X)		SAM / PSO	T og E	Indledende: 1 VIPår 1-10	
9.	Phasor Measurement Units (PMU'er) i transmissionssystemet Vest for Storebælt		X	X		SAM / PSO	T og E	0,5-1 VIPår 0,5-1	
10.	PMU'er til forbedret sikkerhed og stabilitet i elsystemer med stor andel miljøvenlig elproduktion	(X)		X		SAM / PSO	T og E	1 Ph.d. + 0,5 VIPår ~2	
11.	Teknik-økonomisk optimale løsninger for betydelig kabellægning af transmissionsnet (132-150-400 kV)		X			SAM	T	1 VIPår el. 1 Ph.d. 0,5-2	
12.	Næste generations elsystem med integreret kommunikationssystem (NextGen)	(X)		X	(X)	SAM / PSO / HTF	T og E	2 Ph.d. + 2 VIPår >5	
13.	Restoration of electric power supply in Scandinavia	(X)	(X)	X		SAM	T	1-3 Ph.d. 1-2 x 1,5	
14.	Integrerede energisystemer og systemsikkerhed i elsystemet			(X)	X	SAM	Foranalyse: T	Foranalyse: 0,5 VIPår 0,5	
15.	Celleopdelte net (PMU'er/warning, ø-drift, styring, kommunikation etc.)	X	X	X	(X)	SAM / HTF	T og E	Flere delopgaver >10 mandeår >20	

* SAM: Samarbejdsprojekt med én eller flere virksomheder, PSO: PSO-finansieret, EFP: Energistyrelsens Forskningsprogram, FR: Forskningsrådene, EU: Finansieret via EU's rammeprogrammer, HTF: Finansieret af Højteknologifonden.

5. Kompetencer

CET skal både udvikle og vedligeholde kompetencer som er centrale for dets virke. Derudover skal CET indgå samarbejder med andre aktører for at få adgang til kompetence der enten ikke ligger centralt for CET eller ikke er til stede. CET skal være åben for at deltage i egentlige alliancer f.eks. indgå aftaler med andre aktører om samarbejde om kompetenceudvikling og vidensudveksling – se næste kapitel.

CET besidder faglige kompetencer på internationalt højt fagligt og videnskabeligt niveau inden for elforsyningssystemer og automation. I bilag C findes en oversigt over afsluttede og aktuelle aktiviteter gennemført af CET's medarbejdere som illustrerer dette.

CET har stor viden om og erfaring med statisk, dynamisk og transient modellering og simulering af elforsyningssystemer og af enkeltanlæg såsom vindmøller ved anvendelse af kommercielle IT-værktøjer. CET har kompetence inden for simuleringsværktøjerne PSS/E, PowerFactory, ATP-EMTP m.fl., som der rådes over. CET besidder på modellerings- og simuleringsområdet en kernekompetence, som skal fastholdes og fortsat udbygges.

CET har betydelige kompetencer inden for det eksperimentelle område og har adgang til meget veludbyggede laboratoriefaciliteter. Via tæt samspil med Sektion for Elteknik har CET endvidere samarbejde med unikke kompetencer og faciliteter inden for højspændings- og materialeteknik. CET har desuden en omfattende viden om vindmøller og deres indpasning i elnettet bl.a. opnået både gennem teoretiske analyser og deltagelse i demonstrationsprojekter i samarbejde med eksterne partnere.

CET har endvidere stærke kompetencer blandt andet inden for følgende centrale områder: systemanalyse og modellering af komplekse systemer, dynamik og stabilitet i elforsyningssystemer, styring, regulering og overvågning i elsystemet, måle- og instrumenteringsteknik, beslutningsstøttesystemer, tidsserieanalyse, real-tidsprogrammering samt ICT herunder videnbase- og agentteknologi. CET råder over eksperimentelle faciliteter og en række simuleringsværktøjer på disse områder.

CET har således kompetencer over et bredt spektrum af fagområder indenfor elsystemområdet, og dette giver et solidt grundlag for gennemførelse af CET's strategi og plan.

Endvidere er CET del af DTU. Dette giver adgang til kompetencer indenfor stort set alle tekniske discipliner og tillige et godt rekrutteringsgrundlag for studerende og ph.d.'ere.

6. Netværk

Aftagere

Det er CET's vision, "... at være en foretrukken samarbejdspartner inden for centrets virkefelt for den danske elforsyningsbranche og industri..." [1]. Dette skal CET leve op til ved professionelt og effektivt at levere løsninger og resultater i samarbejde med den danske elforsyningsbranche og industri.

Centerets skal i dets aktiviteter i så høj grad som muligt aktivt involvere aftagerne af forskningsresultaterne for at sikre:

- At de aktiviteter som igangsættes er relevante for branchen og industrien
- At der sker den nødvendige videnoverførsel om praktiske forhold, problemstillinger mv. fra branche og industri til CET
- At forskningsresultater via målrettede innovationsaktiviteter og aktiv involvering af aftagerne i forskningsarbejdet bliver ført fra centeret og ud i praksis med henblik på anvendelse.

Involveringen skal ske gennem aftagernes aktive deltagelse i projektgennemførelse eller hvor dette ikke er muligt ved repræsentation i projekternes styre- og følgegrupper.

Forskningsaktører

Det er CET's vision, "... at være et kompetencecenter, hvor viden om elforsyningssystemer genereres, samles og deles gennem et nationalt og internationalt netværk..." [1]. Som led i opfyldelse af denne vision og for at sikre optimalt udbytte af forskningsindsatsen skal centerets forskningsaktiviteter i vid udstrækning udføres med medvirken af centrale danske og udenlandske aktører på området. CET skal sikre, at projekter bliver udført i samarbejde med relevante eksterne partnere, når de kompetencer og den viden, som findes i CET, med fordel kan komplementeres eksternt til gavn for projekternes samlede nytteeffekt.

Det er målet, at CET via synlighed og demonstration af CET's kompetencer skal være part i væsentlige større danske forskningsprojekter, som ligger centralt inden for CET's indsatsområder.

CET skal ved etablering af projekter systematisk vurdere mulighederne for samarbejde med eksterne parter, der kan indgå i projekterne og bibringe projekterne en merværdi. Oplagte partnere for CET omfatter bl.a.:

- Elforsyningsvirksomheder, herunder Energinet.dk, DONG/Elsam/E2, Vattenfall og danske distributionsnetselskaber.
- Brancheorganisationer, herunder Elfor, Dansk Energi og Elforsk (Sverige).
- Industri- og innovationsvirksomheder, herunder Vestas, Siemens Wind Power, APC, Delpro, DGC, Kasmatic Innovation, Balslev m.fl.
- F&U virksomheder, herunder DEFU, Risø, ECON, Sintef Energiforskning (Norge) og IFE (Norge)
- Institutter, sektioner og centre på DTU.
- Universiteter, herunder Aalborg Universitet, University of Manchester (Storbritannien), NTNU (Norge), Lund University (Sverige), KTH (Sverige) og CTH (Sverige).

Det skal fremhæves, at der vil ske en løbende udvikling af gruppen af samarbejdspartnerne for CET, og at samarbejdspartnerne for CET ikke er begrænset til de ovenfor nævnte.

Partnerskab

CET har indgået et formaliseret partnerskab med Energinet.dk i forbindelse med opstart af centeret. Dette partnerskab har været med til at sikre startgrundlaget for CET. Energinet.dk støtter centeret fagligt og økonomisk og er repræsenteret i CET's centerkomité. CET ønsker at indgå i partnerskab med yderligere virksomheder inden for centerets forskningsområdet. Det kunne f.eks. være:

- Produktionsselskaber
- Distributionsnetselskaber
- Vindmølleproducenter eller andre industrivirksomheder

CET skal arbejde målrettet mod etablering af et tæt partnerskab med disse typer virksomheder. CET skal endvidere være åben for etablering af partnerskab med andre end de her nævnte.

Netværk

CET skal indgå i nationale og internationale netværk for at understøtte CET som et kompetencecenter til gavn for centerets aftagere. CET skal arbejde aktivt for at indgå i følgende faglige netværk i form af repræsentation i netværkenes faglige arbejde:

- Dansk forskningskonsortium for vindenergi
- Cigré
- Cired
- IEEE PES
- IFAC
- EU "Technology Platform for the Electricity Networks of the Future"
- Intelligrid programmet (via samarbejdspartner)

CET skal desuden arbejde for oprettelse af et forum for energiforskningen på DTU (Energi*DTU). CET skal bidrage aktivt i et sådant forum både på det operationelle og overordnede strategiske plan.

CET har endvidere mulighed for at arbejde for etablering af et højteknologisk netværk støttet af videnskabsministeriet [4], hvori CET's fagområde indgår.

8. Finansiering

CET vil ud over centerets nuværende finansieringsgrundlag søge finansiering af forskningsindsatsen via primært samarbejdsaftaler med branche og industri og sekundært nationale og internationale forskningsprogrammer.

Den nye universitetslov ligger op til en stærkere fokusering på universiteternes samspil med omgivelserne. CET arbejder meget målrettet med udvikling af dette område, og vil fortsætte og udbygge det eksisterende samarbejde med universiteter, forsknings- og uddannelsesinstitutioner samt elforsyning, industri og private virksomheder. Finansieringen af forskningsindsatsen skal primært ske gennem samarbejdsaftaler med disse aktører.

Eksempelvis gennem samfinansieret forskning, etablering af innovationskonsortier og i mindre omfang rekvireret forskning.

CET ønsker at ansøge forskningspuljer, hvor der er stor overensstemmelse mellem CET's forskningsaktiviteter og de indsatsområder og vurderingskriterier der ligger til grund for vurdering af hvilke projektforslag der vil blive imødekommet [7]. Der er overensstemmelse mellem disse forhold inden for eksempelvis øget produktion af ph.d.'er, samarbejde mellem universiteter og private virksomheder/brancher/industrien, medfinansiering fra universiteter og erhvervsliv, områdets forskningsmæssig styrkeposition og faglig strategisk betydning samt generering af forskningsresultater.

CET vil i forhold til de eksisterende finansieringskilder foretage en prioritering ud fra den samlede ressourceindsats, som CET har at byde ind med på et givet tidspunkt, herunder også ud fra en afvejning af sandsynligheden for at få godkendt projektansøgninger.

CET har gode internationale kontakter og samarbejdspartnere, men vil på kort sigt prioritere ansøgninger til nationale og nordiske forskningspuljer. CET vil på længere sigt arbejde for at deltage i større internationale projekter, f.eks. EU-projekter.

Referencer

1. "Center for Elteknologi Mission - Vision - Strategi", Center for Elteknologi, Ørsted·DTU, 2005.
2. "Energistrategi 2025", Energistyrelsen, 2005.
3. "Bilagsrapport, del 1, Forskningsplan 2006 - 2009", intern rapport, Center for Elteknologi, Ørsted·DTU, 2005.
4. Hjemmeside for Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling (<http://www.videnskabsministeriet.dk>)
5. The IntelliGrid Consortium Research and Development Plan 2005 - 2007 (http://www.epri-intelligrid.com/intelligrid/docs/RD_Plan_030605.pdf)
6. Hjemmeside for The Blackout History Project (<http://chnm.gmu.edu/blackout>)
7. "Bilagsrapport, del 2, Forskningsplan 2006 - 2009", intern rapport, Center for Elteknologi, Ørsted·DTU, 2005.

Bilag A: Nationale og internationale forskningsaktiviteter

Især USA, men også flere europæiske lande, har indset at de eksisterende elsystemer ikke vil fungere under nye politiske, økonomiske og teknologiske rammebetingelser.

IntelliGrid er navnet på et konsortium, som blev opstartet i USA omkring år 2002. Konsortiets vision er at udvikle en ny infrastruktur i elsystemet, som udnytter de nyeste teknikker indenfor kommunikation, datateknik og elektronik for at leve op til fremtidens krav til energiforsyningen – altså et integreret energi- og informations-kommunikations-system. Arbejdet koordineres af EPRI. Partnere i konsortiet er en bred vifte af virksomheder og organisationer – ikke kun indenfor elområdet, men IT- og automatikbranchen er ligeledes repræsenteret (hovedparten fra USA, men også europæisk deltagelse).

Totalt regnes der med, at der i USA over en 20-årig periode skal investeres \$165B for at etablere den nye infrastruktur, mens cost/benefit analyser estimerer en gevinst på \$274B.

Et overordnet mål er at udvikle en fælles referenceramme for aktiviteter i alle led af elsystemet - det være sig produktion, transmission, distribution, forbruger som marked. Så at sige, at udvikle et fælles sprog og datastrukturer, som alle interessenter kender til og som muliggør en entydig kommunikation på kryds og tværs i hele systemet. Ved at fastlægge en sådan arkitektur, og ved at offentliggøre den f.eks gennem standarder, så kan enhver udvikle udstyr og services, der direkte kan indpasses i elsystemet. På den måde åbnes der op for en masse kreativitet og markedsmulighederne vil være med til at drive udviklingen frem.

Der er fire nøgleprojekter, som der skal arbejdes videre med, og indenfor hvilke der skal igangsættes nogle test- og pilotprojekter.

1. IntelliGrid Architecture

Udarbejde retningslinier for at binde et kommunikation- og elnet sammen i et såkaldt "smart grid", som tilsammen giver et elforsyningssystem, der er helhedsorienteret, "self healing", styrbart, og med stor fleksibilitet og funktionalitet, samt med forbedret systemsikkerhed.

2. Fast Simulation & Modelling (FSM)

Udvikle hurtige real-tids metoder til simulering og modellering af elsystemets dynamik.

3. Consumer Portal

Opbygge et 2-vejs kommunikationssystem til forbrugerne, som giver mulighed for automatisk måler aflæsning, priselastisk elforbrug, ind- og udkobling af forbrugsenheder m.m.

4. *Communication Standards for Distributed Energy Resources in Advanced Distribution Automation*

Fastlægge en standard for kommunikation med decentrale energiresourcer, således netoperatøren kan trække på sådanne ressourcer for at afhjælpe eventuelle kriser i elsystemet. Dette kræver naturligvis også udvikling af relevante styringsstrategier. I amerikansk terminologi forstås ved energiresourcer bl.a. kondensatorbatteriet og UPS-anlæg, men under danske forhold må det også dreje sig om kraftvarmeværker og vindmøller.

Indenfor alle fire nøgleprojekter er der igangsat en række delprojekter, som er beskrevet i "The IntelliGrid Consortium Research and Development Plan 2005-2007". [5]

I regi af EU er der igangsat en række projekter omkring integration af decentral produktion og vedvarende energi. Disse omfatter blandt andet:

SUSTELNET

Projektperiode: 2002-2004

Formål: Tilvejebringelse af strategier til fremme for overgangen fra central til blandet central/decentral produktion.

Program: EU's 5. rammeprogram

Deltagere: 12 deltagere. Fra Danmark: Tech-Wise og Eltra.

ENIRDGnet

Formål: Europæisk netværk for integration af vedvarende energi og distribueret produktion.

Deltagere: 16 partnere og 24 medlemmer heraf fra Danmark: Elsam A/S.

ENVESTIRE

Formål: Undersøgelse af alle tænkelige energilagingsmuligheder.

Deltagere: 35 partnere – mest virksomheder. Fra Danmark: RISØ.

DISPOWER

Formål: Støtte for overgang fra traditionel energiproduktion mod decentral og markedsorienteret struktur.

Deltagere: 38 deltagere. Fra Danmark: EMD - Energi- og Miljødata.

Microgrids

Formål: Indpasning af små produktionsenheder parallelt med den eksisterende elforsyning.

Deltagere: 29 deltagere. Ingen fra Danmark.

CRISP

Formål: Undersøge, udvikle og teste hvorledes den nyeste udvikling indenfor distribueret intelligens kan udnyttes på nye måder med henblik på overvågning, styring og kontrol af elforsyningsnet med stor andel af distribueret produktion og vedvarende energi.

Deltagere: 8 deltagere fra Sverige, Frankrig og Nederlandene.

DSO projektet

Formålet med DSO (Distributionsnettets Styring og Overvågning) var at udvikle nye principper og teknologier for distributionsnettets fremtidige udformning. Projektet blev udført som et samarbejde mellem den danske elforsyning, DELRI, industrier og lærestalter. Projektet blev igangsat i slutningen af 1990 og blev afsluttet ved udgangen af 1994. Projektets overordnede målsætning var at afklare problemstillingerne i distributionsnettets styring og overvågning med henblik på at påvirke produktudvikling samt understøtte en øget automatisering af elforsyningen.

Projektet behandlede en lang række emner og udviklede forslag til løsningsmuligheder på flere system niveauer bl.a.

- Funktionsmodeller for DSO systemer
- Funktionsopdeling og standarder for grænsesnit i DSO systemer
- Informationsbehov til DSO
- Kommunikationsbehov og metoder
- Menneske-maskine interfaces til DSO
- Nuværende og fremtidens koblingselementer
- Sensorbehov og optiske sensorer
- Specifikationer af kontrolrumsenhed samt netstationsenheder

Projektets var visionært og arbejdede med en tidshorisont på 5-10 år. Resultaterne er stadig af interesse og bør inddrages i den aktuelle udvikling af principper for styring og overvågning af den danske elforsyning.

Øvrige internationale projekter

Flere internationale projekter kan findes på hjemmesiderne:

www.cigre.org

www.elforsk.se

www.ofgem.co.uk

www.epri.com

www.energy.gov

www.eren.doe.gov/distributedpower

www.e2i.org

www.ieee.org

www.dispower.iset.uni-kassel.de

Bilag B: Handlinger og arbejdsoperationer i elsystemet

Nedenstående tabel viser handlinger og arbejdsoperationer i elsystemet varierende i tid fra microsekunder til flere år. CET's hovedfokus ligger på handlinger og arbejdsoperationer i elsystemet som har en tidsramme fra 10 millisekunder til 1 dag.

Handlinger og arbejdsoperationer	Tidsramme
Bølgeeffekter fra lynstrømme eller overspændinger	Mikrosekunder til millisekunder
Koblingsoverspændinger	Millisekunder
Fejlbeskyttelse (sikringer, relæer mv.)	10 - 100 millisekunder
Elektromagnetiske påvirkninger i generatorer	Millisekunder til sekunder
Stabilitet af elsystemet	1 sekund
Forøgelse af stabilitet	Sekunder
Elektromagnetiske påvirkninger i motorer	Millisekunder til minutter
Belastnings- og frekvenskontrol af samkøringsforbindelser	1 til 10 sekunder (vedvarende)
Sekundærregulering og regulerkraft	10 sekunder til 1 time (vedvarende)
Termodynamiske ændringer i kedler	Sekunder til timer
Overvågning af elsystem	Løbende
Måling og estimering	Løbende
Overvågning af systemsikkerhed	Løbende
Belastningsanalyser og elhandel	1 time til 1 dag eller mere (vedvarende)
Planlægning af vedligeholdelse	Måneder til år (vedvarende)
Planlægning netudbygning, miljøforhold og myndighedsbehandling	Flere år (vedvarende)
Planlægning af kraftværkudbygning, miljøforhold og myndighedsbehandling	10 år eller længere

Efter [6].

Bilag C: Igangværende og afsluttede forskningsaktiviteter

1. Wide Area Monitoring System (WAMS)

Ved udnyttelse af GPS-satellitter (Global Positioning System) til præcis tidsbestemmelse af målinger i elsystemet kan man opnå verifikation af beregningsmodeller i analyseværktøjer, elsystemet kan analyseres i detaljer for pendlinger og vinkelstabilitet samtidig med at overvågning af risiko for spændingskollaps forbedres væsentligt. Der er udviklet 4 måleenheder baseret på GPS-signaler, som er installeret i det sjællandske transmissionsnet. Aktiviteterne er udført for og finansieret af Energinet.dk (tidligere Elkraft).

2. Investigation of system protection schemes in the transmission network of Eastern Denmark taking into account non-dispatchable production (wind-farms and local co-production)

The main goal of the project is to develop a concept for System Protection Schemes (SPS) able to describe permanently the actual state of the transmission network as well as to protect the system against severe contingencies and – to a certain extent – counteract power system instability. The project brings into focus advanced strategies for wide-area measurement systems (WAMS), emergency control and system protection of the transmission network of Eastern Denmark taking into account non-dispatchable production (wind-farms and local co-production). Results from the project should enable the transmission system operator (TSO) to evaluate the possibilities of using system protection schemes in the power system in the eastern part of Denmark.

3. Integration of wind power and combined heat power plants (CHP) in electric power systems

Power production from wind turbines and combined heat power plants have a strong impact on the existing power system as well as the coordination of the daily operation of the network and other production resources. Research has been focused on how to introduce large amounts of wind power and combined heat and power (CHP) production in electric power systems. New modelling and analysis techniques has been utilized in order to obtain sufficient controllability, power quality, maintainability and minimize the wind power impact on the daily operation.

4. Power system operation and control for integration of large scale of wind energy

Wind power covers a still increasing part of the Danish consumption of electricity. Even on days where the wind production exceeds the actual consumption of the region, some conventional power plants are needed to stabilise the network. It will be investigated if wind farms with the correct control scheme can take over this role.

5. Analysis of dynamic behaviour of electric power systems with large amount of wind power

Four basic wind turbine concepts have been treated with respect to modelling in dynamic simulation tools, maintaining of transient voltage stability and uninterrupted operation when the transmission power network is subjected to a three-phased short-circuit fault. The work deals with two issues: the modelling part with focus on complexity of the simulating models of

the four wind turbine concepts and the simulating part with investigation of transient voltage stability. The project also contain a less number of special cases with relation to grid-connection and control of wind turbines and the model validation examples.

6. Dynamic Influence of the Wind Power on the Power System

The application of wind power as a renewable energy source is studied with specific emphasis on large-scale integration. The special characteristics of the wind turbine power production can cause problems to the power system stability and quality.

Main project topics:

- Power Quality Problems - the turbulence and coherence of the wind is modelled and applied to dynamic wind farm models.
- Power System Stability - both voltage stability and power oscillations caused by interactions between wind farms and power system are analyzed.

7. Connection of thermal power plants to the electric power system

For the Danish transmission system operators technical regulations (grid code) for the connection of centralized and decentralized power plants to the electric power grid have been developed. The regulations constitute the juridical-technical basis that the production units must follow to ensure the system operation and reliability. The project has included analyses and assessment of all technical aspects relevant to the interaction between production units, grid and system, including power control abilities, reactive power balance, magnetising systems, grid failures, relay protection, island operation, generator dynamics and dynamic modelling. The activity was carried on request from Eltra and Elkraft.

8. Mvar control in cell-divided power systems

Development of management concepts for reactive power in the transmission system based on a cell principle. On the basis of time series measurements from the grid advanced analyses, modelling and assessment of the Mvar-flow in the system have been carried out. This has resulted in the recommendation of initiatives for improved Mvar-management. The project has formed the basis for the implementation of a new Mvar-agreement. The activity was carried on request from Eltra.

9. Self-organising distributed control of a distributed energy system with a high penetration of renewable energy

The objective of the project is to develop a model for a decentralized, distributed and modular control system to improve stability, availability, robustness and flexibility of an energy system in the presence of intermittent renewable energy sources.

Main project topics:

- Enabling direct communication between units in the system and each unit makes itself known to the system.
- Making each unit "location-aware" in terms of system topology and geography with a strategy for self-organization of units in groups.
- Establishing techniques to estimate the present and forecast the future state of the units, such as energy production and loads.
- Finding ways in which groups of units can negotiate an operational solution that matches the energy production with the consumption.

10. Laboratorieafestning af mikrokraftvarme (MKV)

Formålet med dette projekt er at anvise og afprøve metoder til indpasning af mikroproduktion i lavspændingsnet under hensyn til nye net-, kontrol- og markedsstrukturer. Med henblik på at opnå et indgående kendskab til Mikrokraftvarmeanlægs egenskaber er der opbygget et testsite for MKV-anlæg med mulighed for udvidelse til andre typer af decentrale kraftvarme anlæg, fx brændselscelleanlæg. Grundlaget er således skabt for videre studier i fysisk indpasning af mikro-produktion i fremtidens lavspændingsnet, herunder udvikling af styrings- og kontrol principper for såkaldte mikro-net.

11. Dynamic models for electric loads

Analysis and development of dynamic models for electric load in networks with substantial embedded production for use in the dynamic simulation software PSS/E. The underlying structure for a new component based modelling method has been developed. The activity was carried on request from Elkraft.

12. Prognosis for electric loads in the power system

New method based on substation measurements for long-term prognostication of the load in the electric power grid have been developed. The project has resulted in the development of a unique method which can estimate and prognosticate the electricity load in grids with a massive decentralized production. Among other things the project has included analysis of consumption, consumer category analysis, time series analysis, cluster analysis, multivariable regression analysis and prognoses modelling. The activity was carried on request from Eltra and Elkraft.

13. Tjaereborg HVDC-Light Project

The aim of the project was to investigate and to gain practical experiences in using a DC feeder for connection of a wind farm to the public grid. A demo installation based on HVDC-light technique was set up at the 6 MW onshore wind farm at Tjaereborg - with two HVDC-units, one placed at the wind farm site, the other at the public grid and with a 4 km DC-cable in between. Participants in the project were Eltra, ABB and DTU. The project was initiated in 2000 and terminated in 2004.

DTU implemented a measurement system and documented the system behaviour.

14. Power Quality Measurements

During several years DTU has been involved in various projects regarding measurement of power quality - both in the specification of such measurements, but also in the implementation of power quality instruments by developing algorithms and making real-time programming. There have been different partners e.g. DEFU, NESAs, Sentic and Siemens. The work has resulted in a couple of commercial instruments. Besides, DTU has built its own mobile PC-based unit that can be applied for power quality measurement in the 3-phase grid.

15. Power Quality Improvements of Wind Farms

The aim of the project was to perform dynamic compensation of the reactive power consumption of a wind farm to improve power quality. For that purpose an 8 MVar Advanced Static VAr Compensator was designed and installed at the Rejsby Hede wind farm in Jutland

and a measurement system was built to document its performance.

The project was supported by the EU and partners in the project were: Elsam-Eltra, Siemens, UMIST (Manchester University) and DTU. The project was closed down in 1998.

DTU contributed to the design of the compensator and was responsible for the measurement system.

17. Knowledge – Based System for Supervision and Control of the Energy Consumption of a Cement Manufacturing Plant.

Projektets formål var at udvikle et system til energy management i cementproduktion.

Variierende eltariffer gør det muligt at reducere energiforbruget ved at afvikle energikrævende processer i perioder med lav tarif. Planlægningsproblemet blev løst ved en kombineret anvendelse af lineær programmeringsteknik samt interaktion med en procesoperatør. Projektet blev udført som Industrial PhD projekt i samarbejde med FLS Automation.

18. Helhetssyn ved utförning af operatörsstöd for drift af komplexa energisystem.

Projektets formål var at undersøge mulighederne for at forbedre operatørarbejdet i styring og overvågning af kraftværksenheder og transmissionnettet. Arbejdet omfattede studier af kontrolrumsarbejdet i Sydkrafts driftsledningscentral i Malmø samt udvikling af to prototyper til beslutningstøtte ved generering af driftsordrer samt et system for instruktionsstøtte.

