

Holistisk Testbeskrivelse

- Retningslinjer for kvalifiseringsstrategi -

Kvalifiseringsstrategien (Qualification Strategy, QS) er retningslinjer til brukeren for å skrive testbeskrivelsen. Den er nyttig for å målrette tester mer presist og å splitte holistiske testforsøk (Test Case, TC) til en mer strategisk utvelgelse av testspesifikasjoner (TS) og eksperimentspesifikasjoner (Experiment Specification, ES) for å oppfylle testkriteriene formulert i holistisk TC med tilgjengelige forskningsinfrastrukturer (Research Infrastructure, RI).

1.1 Omfang

En strategi er en teoretisk skisse av et mulig veivalg for å oppnå et mål, og kan være nyttig om man er langt unna å nå målet og flere (komplekse) steg kreves for å nå det. Med uttrykkene "valideringsstrategi" eller "kvalifiseringsstrategi" refereres det til rekkefølgen i et veivalg for testing, og resultatevaluering som til slutt oppnår kvalifikasjonen til et testobjekt.

Omfanget til QS-en er å lage en gjennomførbar plan for hva som trenger å testes, som spesifiserer hvordan objektet som testes (Object under Test, OuT) skal valideres eller karakteriseres og tar i betraktning behovet for å karakterisere egenskaper til teststedet (RI-en) som er relevant for testobjektivene. QS bryter holistiske TC ned til mindre og realiserbare steg med mål om å hjelpe i organiseringen av testimplementering og reproduserbarheten til testene. To stereotypiske situasjoner er:

- *Top-down tilnærming*: starter fra mer globale aspekter av testen og går deretter mot mer spesifikke elementer
- *Bottom-up tilnærming*: starter fra en konkret idé for å karakterisere eller validere OuT og går deretter mot et generelt rammeverk

De utviklede retningslinjene og et eksempel på anvendelse beskrives i de neste kapitlene.

1.2 Formulering av en kvalifiseringsstrategi

1.2.1 Innhold og tilnærming for kvalifiseringsstrategien

En komplett QS omhandler konkrete mål og steg eller undermål som videre kan identifiseres som relasjonene mellom ulike under-tester. Disse under-testene kan detaljeres ved å fullføre testbeskrivelser i form av holistisk TC, TS eller ES. Men først er det viktig å etablere en oversikt over de viktigste komponentene:

1. Hva er det faktiske "objektet" som skal kvalifiseres? (Objekt som undersøkes (Object under Investigation, Oul) og funksjon som undersøkes (Function under Investigation, Ful))
2. Hvilken ny kunnskap om Oul burde etableres? (Testobjektivet, som avgrenses gjennom den definerte hensikten til undersøkelsen (Purpose of Investigation, Pol))

Når disse spørsmålene har blitt besvart må det detaljering og avgrensing til for å identifisere hvilke tester som kreves. Først danner Pol, Oul og Ful grunnlaget for å identifisere passende grenser for systemet som testes (System under Test, SuT) og domenet som undersøkes (Domain under Investigation, Dul). Deretter kan Pol oversettes til mer avgrensede testkriterier (Test Criteria, TCR) når SuT og Dul er kjent.

Antall Pol er typisk større enn først antatt og hver Pol krever flere testkriterier. SuT kan også omfatte komponenter med ukjent dynamikk som krever å bli karakterisert først, som igjen kan motivere flere

testkriterier.

Sammen med elementene ovenfor er målet og intensjonen med en validering/kvalifisering klar: identifiseringen av TC-et. Men essensielle steg mangler fortsatt: hvordan vil det være mulig å kvalifisere Pol-et gjennom et sett med eksperimenter? For å bearbeide dette må målet dekomponeres: hvilken endelig test vil kvalifisere hoved-Pol-et? Hvilke andre eksperimenter trengs for å støtte denne evalueringen av hoved-Pol-et? Trengs det mellomsteg for å modne Oul-et for det endelige oppsettet? Gitt ett sett med testkriterier og identifiserte mål for det endelige SuT kan tester formuleres slik at de for eksempel kun adresserer en del av testkriteriene som oppnår et initialt valideringsnivå som forbedres med tid, eller kvalifiserer en komponent som kreves som en faktor i en annen og større test.

Typiske situasjoner der de to spørsmålene ovenfor ikke er helt tydelig identifisert inkluderer:

- Oul-et er identifisert kun med et funksjonsnavn og ikke en systemgrense (for eksempel "kontrolleren" – Oul eller Ful?), og kvalifikasjonsobjektivet er vagt identifisert kun med hensyn til Oul-et (for eksempel "valider kontrolleren").
- SuT-en er identifisert og en ønsket Ful er også definert, men flere komponenter i testen er delvis udefinerte. Resultatet er at hver enkelt test vil lede til ny innsikt om oppførselen til SuT, men passer ikke som en kvalifisert isolering av Ful eller Oul (for eksempel "test drift av CVC-kontrolleren med flere DER" – SuT er identifisert, men testobjektivet er ikke formulert).
- Et eksperimentelt miljø settes opp og skal demonstrere en ny funksjonalitet til eksperimentoppsettet (for eksempel et nytt hardware-grensesnitt). Men i stedet for å identifisere demonstrasjons-/valideringsmålet i den eksperimentelle infrastrukturen, identifiseres Oul som en annen funksjon som (i nær framtid) vil kunne kvalifisere til den nye infrastrukturen (for eksempel "fault ride-through kontrolleren" som Oul, valgt for å kvalifisere funksjonaliteten til en gitt samsimulering eller HIL-oppsett).

Når en ny test planlegges, kan den faktiske situasjonen være en blanding av situasjonene ovenfor. Slike situasjoner kommer av god prosjektering og prosjektledelse. Utfordringen er heller at den resulterende problembeskrivelsen og -tolkningen ikke er på linje med et valideringsmål. Beskrivelse og tolkning av en testbeskrivelse må forankre et testobjektiv – og noen ganger er testobjektivet bare et middel for å oppnå et prosjektmål.

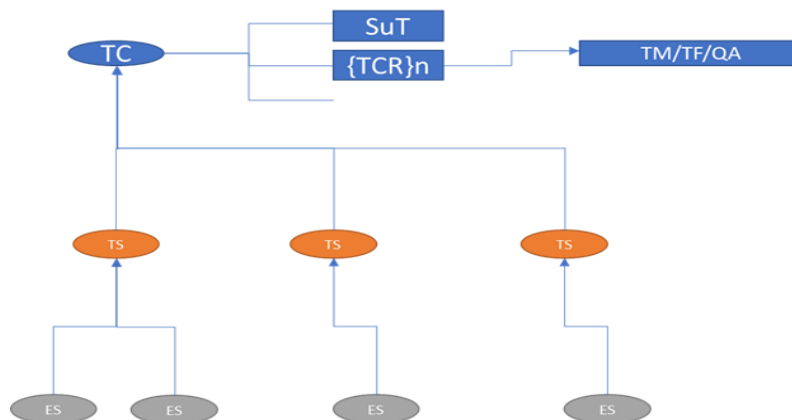
1.2.2 Konsepter og notasjon

Kvalifisering

Kvalifisering er et mer generelt konsept som omfatter andre (under-)hensikter med testingen, slik som *karakterisering* for å kvantifisere for eksempel modellparametere til et testobjekt, samsvars- eller verifiseringstester.

Spesifiseringshierarki (se figur 1)

- $TC = \{Oul, Ful, Pol, SuT, Dul, TCR, [...]\}$
TC-malen inkluderer definisjonen av Oul, Ful, SuT, Dul, TCR, osv.
- $TC \rightarrow (TS1 \dots TS_n)$
En holistisk TC kan kreve flere TS-er
- $TS_i \rightarrow (ES1 \dots ES_n)$
En TS kan kreve flere ES-er



Figur 1: Skisse av spesifikasjonshierarkiet

Kvalifikasjonsavhengighet (hvilke TS adresserer hvilke TC Pol/TCR, se figur 2)

Testkriterier kan avhenge av kvalifikasjoner fra flere under-tester:

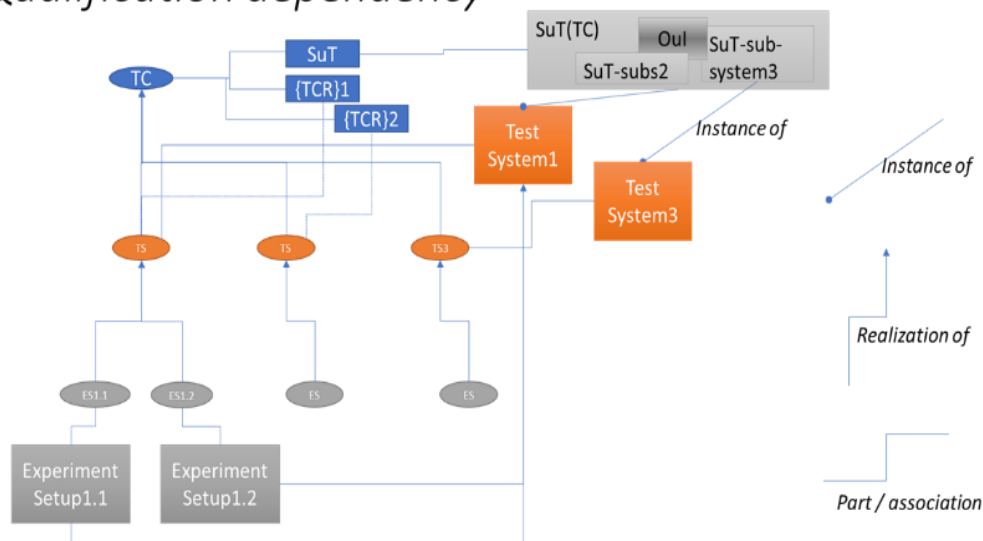
- TC.TCR1 → TS1
 - Testkriterium 1 er kvalifisert i TS 1
- TC.TCR2 → (TS2 & TS3)
 - Testkriterium 2 er kvalifisert i TS 2 og 3

Men avhengighet kan også motiveres av en systemdekomponering:

- TC.SuT.ss2 → TS1.Ou1
 - Undersystem 2 er objektet som undersøkes i TS 1
- TC.SuT.ss3 → TS3.Ou1
 - Undersystem 3 er objektet som undersøkes i TS 3

Begge typer avhengighet må adresseres i formuleringen av en valideringsstrategi.

Qualification dependency



Figur 2: Skisse av kvalifiseringsavhengigheten

Eksperimentsekvensering

Rekkefølgen av eksperimentgjennomføringen drives av og til av typen til valideringsobjektivet: om en gitt Oul for eksempel skal forbedres over tid må eksperimenter med økende valideringskompleksitet være sekvensiell; om flere komponenter av et SuT må kvalifiseres først må slike tester utføres i parallell. Å identifisere slike eksperimentavhengigheter kan være relevant for prosjektplanlegging.

- $E1 < E2$
 - Eksperiment 1 gjennomføres *før* eksperiment 2
- $E2 \mid (E3 < E4)$
 - Eksperiment 2 kan gjennomføres parallelt med eksperimenter 3 and 4

1.2.3 Retningslinjer

For å unngå rene teoretiske utdypninger vil de følgende retningslinjene ta for seg to stereotypiske situasjoner som motiverer formuleringen av en eksperimentbeskrivelse og en eventuell rapportering. Situasjon 1 er "top-down"-situasjonen som starter fra en gitt TC beskrivelse. Situasjon 2 er "bottom-up"-situasjonen der flere eksperimenter og RI elementer allerede er klare. I sistnevnte situasjon er utfordringen å gi en sammenhengende og analytisk ramme for et sett med eksperimenter for å relatere til et felles og veldefinert objektiv.

Situasjon 1: Top-Down-tilnærming

Brukes om det er gitt en TC (inkludert Pol, Ful, SuT og TCR). Målet er å definere TS-er og eksperimenter som vil oppnå kvalifisering av Oul og/eller Ful i henhold til testobjektivene. Dette er en typisk situasjon hvis man skal teste om en ny enhet eller konfigurasjon møter etablerte krav eller standarder. Følgende spørsmål burde besvares:

- 1) Identifisering av mål og spesifisering
 - Hvilke mål oppnås av eksperimentene?
 - Hva er det endelige målet eller hovedmålet for å adressere forskningsspørsmålet?
 - Hvilke mål støtter det som burde vites om Oul?
 - Er det noen av målene som er supplement til hovedmålet (tilleggsinformasjon som er "kjekk å vite" men som ikke bidrar til hovedmålet)?
- 2) Innsamling og inndeling
 - Identifiser SuT og under-SuT-er
 - Identifiser FuT-er og avklar under-FuT-er
 - Assosier Pol-er med Oul og Ful
- 3) Presisjon og avgrensning (første iterasjon)
 - Krever Pol-ene og testkriteriene ulike testtilnærminger?
 - ⇒ formuler undersett med testobjektiver
 - Er testkriteriene direkte kvantifiserbare?
 - ⇒ avgrens TCR og lag et TCR-hierarki
 - Hvilke faktorer vil kunne påvirke testresultatet?
 - ⇒ vurder karakterisering av egenskapene til teststedet
- 4) RI-innsamling
 - Hvordan reflekterer eksperimentoppsettene en situasjon i den virkelige verden? Hva er det faktiske OuT/Oul i hvert eksperiment? Hvilken del av eksperimentet er "støttestrukturen" til å teste det objektet?
 - Hva kan du generelt sett måle om dette OuT/Oul?
 - Hvilke beregninger/målinger kan kvantifiseres av eksperimentene, og hvordan? Hvilke

målinger trengs fra eksperimentene?

- Om flere eksperimenter har blitt planlagt med samme referansesystem; hvilke faktorer varierer mellom eksperimentene (variasjonene kan enten tolkes som testfaktorer eller som forstyrrelser)?

5) Presisjon og avgrensning (andre iterasjon)

- Vurder de aktuelle RI og hvordan SuT, Oul og FuT-er/Ful-er er realiserbare
- Gå gjennom steg 2-4 på nytt

Situasjon 2: Bottom-Up tilnærming

Brukes om man har en konkret idé om hvilke eksperimentoppsett som skal implementeres. Alle disse eksperimentene skal bidra til kvalifisering av et spesifikt forskningsspørsmål (for eksempel "valider CVC"). Målet er å bygge en analytisk ramme som en tydelig kontekst for å komplementere eksperimentene slik at man kan vise hvordan eksperimentet kvalifiserer forskningsspørsmålet. Dette er en typisk situasjon i forskning der nye krav kan være et resultat fra prosjektet. Følgende spørsmål burde besvares:

1) Innsamling

- Hvordan reflekterer eksperimentoppsettene en situasjon i den virkelige verden? Hva er det faktiske OuT/Oul i hvert eksperiment? Hvilken del av eksperimentet er "støttestrukturen" til å teste det objektet?
- Hva kan du generelt sett måle om OuT/Oul?
- Hvilke beregninger/målinger kan kvantifiseres av eksperimentene, og hvordan? Hvilke målinger trengs fra eksperimentene?
- Om flere eksperimenter har blitt planlagt med samme referansesystem; hvilke faktorer varierer mellom eksperimentene (variasjonene kan enten tolkes som testfaktorer eller som forstyrrelser)?

2) Identifisering av mål og spesifisering

- Hvilke mål oppnås av eksperimentene?
- Hva er det endelige målet eller hovedmålet for å adressere forskningsspørsmålet?
- Hvilke mål støtter det som burde vites om Oul?
- Er det noen av målene som er supplerende til hovedmålet (tilleggsinformasjon som er "kjekk å vite" men som ikke bidrar til hovedmålet)?

3) Sammenstilling og inndeling

- Identifiser SuT og under-SuT-er
- Identifiser FuT-er og avklar under-FuT-er
- Assosier Pol-er med Oul og Ful

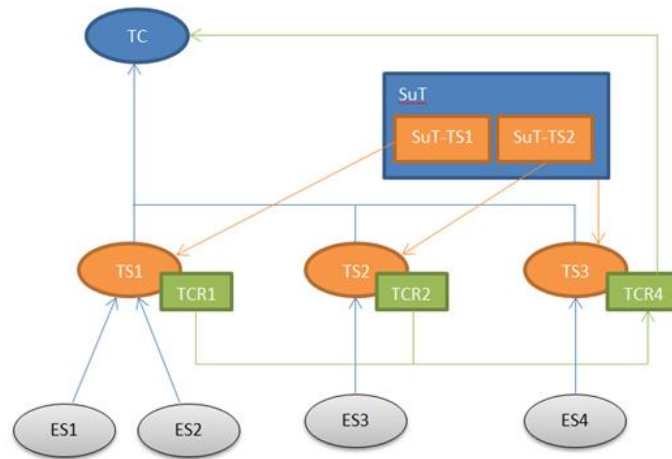
4) Presisjon og avgrensning (første iterasjon)

- Krever Pol-ene og testkriteriene ulike testtilnærminger?
⇒ formuler undersett med testobjektiver
- Er testkriteriene direkte kvantifiserbare?
⇒ avgrens TCR og lag et TCR-hierarki
- Hvilke faktorer vil kunne påvirke testresultatet?
⇒ vurder karakterisering av egenskapene til teststedet

1.3 Eksempel

Målet med dette eksempelet er å gi en bedre forståelse av bruken av QS som en del av HTD. Det

spesifikke eksemplet bruker Test Case nummer 2 (TC#2), som refererer til evalueringen av en CVC-kontroller. Det antas at tilnærmingen som skal følges i dette eksemplet er top-down tilnærmingen. Det eksisterer en detaljert TC mal for TC#2 og det er TS- og ES-malene som videre skal fylles ut. For hver av Pol-ene spesifisert i TC-malen er det derfor nødvendig å definere en liste med detaljerte eksperimenter som kvalifiserer disse Pol-ene (se figur 3).



Figur 3: Kvalifiseringsavhengighet til TC#2

Basert på malen for den spesifikke TC finnes det en generell Pol til systemet. Det er valideringen av den sentraliserte kontrollen av spenningsreguleringsregulering i et nett i medium spenningsnivå for å verifisere oppfyllelsen av aggregerte forespørsler. For å oppnå denne kvalifiseringen har Pol-et ovenfor blitt delt inn i to Pol-er som er mer spesifikke:

- Karakterisering av en kontroller i et mikronett med tanke på å realisere de forespurte P/Q settpunktene av en CVC
- Karakterisering av CVC-kontrolleren når P/Q forespørslene til mikronettet er utenfor kontrollerens kapasitet

I tillegg, basert på Pol-ene ovenfor, involverer SuT i denne TC-en komponenter som:

- Nett i medium spenningsnivå: transformatorstasjon, linjer, laster, generatorer, on-load tap changer (OLTC) transformator
- Medium spenningsnivå kontroller: CVC
- Kontrollerbar distribuert produksjon (uavhengig av mikronettet)
- Lavspent mikronett: nettstasjon (Point of Common Coupling (PCC)), distribuert produksjon i mikronettet (generatorer, kontrollerbare laster, energilagringssystemer)
- Lavspenning kontroller: P/Q kontroller i PCC for å håndtere distribuert produksjon
- Kommunikasjonsinfrastruktur

Mens måltallene involverer:

- Feilen mellom målinger og settpunkter (P, Q og V)
- Feilen mellom nominell spenning og målingene i hver node
- Total kostnad for de forespurte handlingene og totale tap
- Tilstanden til strømmettet (endelig state-of-charge av hvert energilagringssystem, power quality osv.)
- Gjenopprettingstid

Når man følger QS-en kan flere spørsmål adresseres for å utdype den eksperimentelle tilnærmingen som på best vis oppfyller kravene til Pol-ene ovenfor. Å identifisere målene er det første steget i

analysen. I dette tilfellet ble målet med eksperimentene identifisert som evalueringen av riktig oppførsel av CVC-kontrolleren (altså samsvar med måltallene). Et tilleggsmål som burde vites om Oul-et er å oppnå kunnskap om oppførselen til en kontroller i et mikronett som en del av SuT. Dette vil si at andre steg i QS er en oppdeling av Pol som gir følgende liste:

- Teknologi Pol 1 – mikronett
- Teknologi Pol 2 – CVC
- Teknologi Pol 3 – mikronett + CVC + nett i medium spenningsnivå

Det tredje steget inkluderer spørsmål som tar sikte på presisjon og avgrensning av TS og ES. Hovedspørsmålet i dette steget handler om faktorene som kan påvirke testresultatene. Det viser seg at disse faktorene er antall ressurser som kontrolleres av CVC-en (eller antall input), oppdateringstiden til målingene og deres nøyaktighet, underliggende hardware til CVC-kontrolleren og ressursytelsen (kapasitet, tidsrespons, osv.).

Det fjerde steget i QS involverer utvelgelsen av eksperimentelle oppsett (RI-er) som møter kravene i TS. De tre hovedaspektene som adresseres av dette steget er 1) med hvilken nøyaktighet det eksperimentelle oppsettet reflekterer systemet i den virkelige verden, 2) den faktiske Oul og 3) identifisering av delene i eksperimentene som støtter opp om testing av Oul-et. Utdypelsen av Pol-ene ovenfor fører til følgende liste med foreslåtte eksperimenter:

- Teknologi Pol 1 (TS2 og ES3 i figur 3): I denne testen er Oul et ekte mikronett. Mikronettets kontroller mottar P- og Q-signaler og kontrollerer ressursene sine for å følge settpunktet. Målet til denne TS er å evaluere ytelsen til mikronett-kontrolleren ved å betrakte et ekte mikronett som en black box-modell.
- Teknologi Pol 2: For å oppnå dette Pol-et kan en enkel simulering (ES1 i figur 3) gjennomføres (for å karakterisere CVC-algoritmen) eller et CHIL eksperiment (ES2 i figur 3) om vi ønsker å også teste kontrolleren. I dette tilfellet kan TS1 bestå av to ES (i form av en sekvens av tester): først en simulering og deretter en CHIL test.
- Teknologi Pol 3 (TS3 og ES4 i figur 3): For å karakterisere CVC-en må flere driftsforhold oppfylles (ulike topologier, lastflyt, osv.), og derfor burde en nettverksemulator eller -simulator for medium spenningsnivå brukes.