

F. Bignucolo – Impianti di produzione dell'energia elettrica

SEZIONE D – SISTEMI AUSILIARI DI CENTRALE

Capitolo 10

Alimentazione dei servizi ausiliari nelle centrali elettriche

1

Sezione D – Capitolo 10 – Alimentazione dei servizi ausiliari nelle centrali elettriche

Classificazione dei servizi ausiliari (SA)

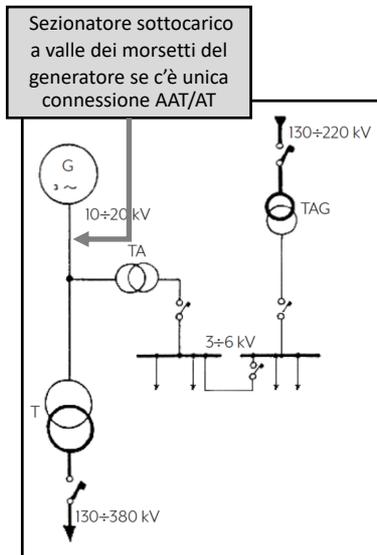
- Dal punto di vista funzionale:
 - **Servizi di I categoria** → Indispensabili per il funzionamento dell'unità
 - **Servizi di II categoria** → Tollerato un temporaneo fuori servizio senza provocare indisponibilità dell'unità
 - **Servizi di III categoria** → Indispensabili per assicurare la corretta fermata della turbina ed il raffreddamento di alcuni ausiliari della caldaia
 - Poiché impattato sull'affidabilità dei macchinari, per questi servizi è sempre prevista una alimentazione d'emergenza in corrente alternata (c.a.) ed una unità di riserva alimentata dalle sbarre in corrente continua (c.c.)
 - **Servizi di IV categoria** → Indispensabili dopo la fermata della turbina, che debbono assicurare il corretto mantenimento dell'unità in tempi lunghi
- Si possono distinguere due classi di servizi ausiliari:
 - Alimentati in **corrente alternata**
 - MT (fino a 6 kV), per utenze di potenza elevata (> 150-200 kW)
 - BT (400 V) per utenze di potenza inferiore
 - Alimentati in **corrente continua** (220 V e 110 V)

2

Sezione D – Capitolo 10 – Alimentazione dei servizi ausiliari nelle centrali elettriche

Servizi ausiliari in corrente alternata

- Dalle sbarre in uscita dall'alternatore è derivato il trasformatore dei servizi ausiliari (TA)
- Il consumo dei SA è alimentato dal gruppo quando questo è in servizio
 - Una alimentazione da rete/accumulatori è necessaria a gruppo fermo
- **Sistema MT (3-6 kV)**
 - Esercito con neutro a terra tramite impedenza
 - La corrente omopolare è ridotta entro un ad un valore definito a livello di progetto (in genere < 15 A)
 - Vantaggi dei sistemi IT → Continuità di esercizio
 - In caso di primo guasto monofase a terra, il servizio può continuare per il periodo di tempo necessario all'individuazione del guasto (tramite apposito sistema di ricerca-guasti)
 - È sufficiente eliminare il guasto prima che si verifichi un secondo guasto a terra (su un'altra fase → Corto circuito 2f-T)
- **Sistema BT (400 V)**
 - Esercito con neutro francamente a terra (sistema TN)

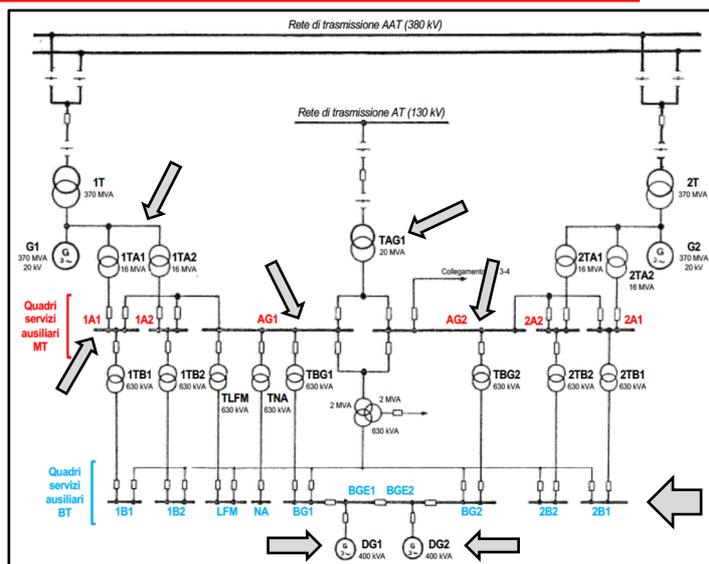


3

Sezione D – Capitolo 10 – Alimentazione dei servizi ausiliari nelle centrali elettriche

Servizi ausiliari in corrente alternata

- **Ridondanza e flessibilità topologia** aumentano l'affidabilità dell'impianto
- Dai montanti di macchina si derivano 2 TA per gruppo
- Alimentazione di due sbarre per gruppo, interconnettibili (1A1, 1A2, criterio N-1 applicato ai trasformatori TA)
 - Dalle sbarre 1A1 e 1A2 si alimentano i servizi di I categoria
- Trasformatore di avviamento TAG alimentato da secondo punto AT
- 1 sbarra/gruppo per servizi generali (AG) → Servizi di II categoria e comuni
- Sistema BT ricalca quello MT, da cui deriva con collegamenti rigidi ma configurabili topologicamente
- Generatori di backup



2x 320 MW (ausiliari MT, ausiliari BT)

4

Sezione D – Capitolo 10 – Alimentazione dei servizi ausiliari nelle centrali elettriche

Servizi ausiliari in corrente alternata – Centrale idroelettrica

- Potenza complessiva dei SA (P_{SA}) è piuttosto **modesta** (0,25-2,5% della potenza nominale di centrale P_n)
- A livello progettuale, caso per caso, devono essere esaminati i singoli centri di consumo
- In generale:
 - P_{SA}/P_n cala all'aumentare di P_n , a parità di H (salto)
 - P_{SA}/P_n cala all'aumentare di H, a parità di P_n
- Necessario analizzare i vari servizi indispensabili al funzionamento di una centrale:
 - Apparecchiature destinate ad un **funzionamento continuo**
 - Apparecchiature destinate ad un **esercizio temporaneo** o **di emergenza**
 - Apparecchiature destinate ad un **esercizio occasionale**
- Per i singoli carichi elettrici si considerano 2 fattore, nell'intervallo 0-1
 - **Fattore di ridondanza/contemporaneità** (es. componenti raddoppiati per garantire continuità di servizio)
 - **Fattore di utilizzazione** (P/P_n)

5

Sezione D – Capitolo 10 – Alimentazione dei servizi ausiliari nelle centrali elettriche

Servizi ausiliari in corrente alternata – Centrale idroelettrica

- I SA che devono essere alimentati e funzionare correttamente in **regime di emergenza** possono essere serviti da **sistemi di backup** (spesso più di uno):
 - Piccola turbina dedicata, alimentata da uno spillamento della condotta
 - Generatore trascinato da motore DC alimentato dalla batteria
 - Alimentazione da batteria tramite inverter
- Una quota significativa di P_{SA} è spesso impegnata per l'**impianto di raffreddamento dei macchinari**
 - Prelievo di acqua dalla condotta forzata (con valvola di riduzione) oppure dal canale di scarico (tramite pompa)
- Numero, tipo e posizione degli **apparecchi di intercettazione della portata** dipendono dalle caratteristiche costruttive dell'impianto
 - Se Q (portata) elevata → Elevate dimensioni dei dispositivi → Elevato peso degli organi che devono essere mossi → Consumo elettrico
 - **Valvole a saracinesca**: dispositivo oleodinamico pressurizzato tramite motore elettrico
 - **Valvole a farfalla**: chiusura tramite sgancio di un peso, manovra di riapertura tramite circuito d'olio in pressione (tramite motore elettrico)

S.p.A. MONCALVI	
Viale Canton Ticino, 16 - PAVIA	
TURBINA	N°
PORTATA	l/s
CABOTA	mm
SIRI	mm
POTENZA	CV



6

Sezione D – Capitolo 10 – Alimentazione dei servizi ausiliari nelle centrali elettriche

Servizi ausiliari in corrente alternata – Centrale idroelettrica

- Altre apparecchiature significative:
 - Dispositivi di sollevamento e di manovra delle griglie e delle paratoie (motori asincroni e riduttori ad ingranaggi)
 - Sistemi antighiaccio o scaldiglie (es. movimentazione griglie)
 - Compressori
 - Manovra di interruttori e sezionatori
 - Pneumatizzazione della turbina e della pompa
 - Circuiti olio in pressione
 - Pompe di aggotamento
 - Pompe di esaurimento del canale di scarico (svuotamento)
 - Raddrizzatori per l'alimentazione dei servizi ausiliari in corrente continua e per la carica delle batterie
- Gli interruttori di manovra sono di solito accentrati in appositi quadri protetti e sono muniti di relè di massima corrente istantanea e di dispositivi termici a tempo inverso



7

Sezione D – Capitolo 10 – Alimentazione dei servizi ausiliari nelle centrali elettriche

Servizi ausiliari in corrente alternata – Centrale termoelettriche

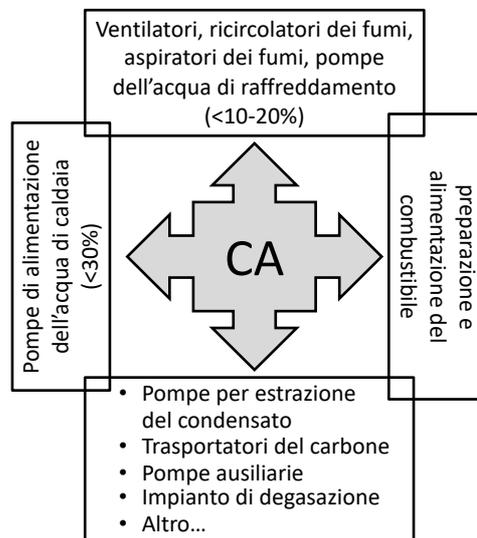
- Nelle centrali termoelettriche il consumo di energia necessario per alimentare gli ausiliari raggiunge **percentuali rilevanti** rispetto a quella prodotta nell'impianto (parametro CA) → fino al 5-6% su singolo impianto
 - Considerando un istante di funzionamento delle centrali AAT: 0,54 GW su 19,99 GW prodotti (**2,7%**)
- Esiste una correlazione tra fabbisogno elettrico dei servizi ausiliari e **quantità di vapore prodotta**:
 - Impianti a media pressione (< 40 atm, caldaie a circolazione naturale): circa 65 kWh per ton vapore
 - Impianti ad alta e altissima pressione (caldaie a circolazione forzata): **10-20 kWh per ton vapore**
 - $P_e = 320 \text{ MW} \rightarrow 600 \text{ t}_{\text{vapore}}/\text{h} \rightarrow 9 \text{ MWh}/\text{h} \rightarrow 2,81\%$
- Il **sistema di alimentazione del combustibile** può essere molto impattante sui consumi ausiliari:
 - In caso di carbone, l'impianto di polverizzazione è molto ingente sui consumi
 - Negli impianti ad olio combustibile, il consumo è molto minore rispetto alla movimentazione del polverino di carbone
 - Permane il consumo delle scaldiglie, soprattutto in caso di combustibile BTZ (punto di scorrimento più elevato)
 - L'uso di combustibile gassoso (gas metano) consente di abbattere drasticamente il consumo per l'alimentazione del combustibile

8

Sezione D – Capitolo 10 – Alimentazione dei servizi ausiliari nelle centrali elettriche

Servizi ausiliari in corrente alternata – Centrale termoelettriche

- Distribuzione (indicativa) dei consumi ausiliari nei grandi impianti termoelettrici:
 - Pompe di alimentazione dell'acqua di caldaia costituiscono la percentuale più rilevante (fino al 30% del consumo totale di energia)
 - Ventilatori, ricircolatori dei fumi, aspiratori dei fumi, pompe dell'acqua di raffreddamento implicano il 10-20% del consumo totale degli ausiliari
 - Il consumo dei macchinari destinati a preparazione e alimentazione del combustibile è molto variabile col tipo di combustibile impiegato e con le condizioni ambiente (es. il mantenimento in temperatura dell'olio BTZ)
 - Altri dispositivi principali:
 - Pompe per estrazione del condensato
 - Trasportatori del carbone
 - Pompe ausiliarie
 - Impianto di degasazione



9

Sezione D – Capitolo 10 – Alimentazione dei servizi ausiliari nelle centrali elettriche

Servizi ausiliari in corrente continua

TENSIONE NOMINALE 220 V

(categoria 1 secondo la norma CEI 8-6)

- Utenze di emergenza (essenzialmente motori) appartenenti ai servizi indispensabili per assicurare la corretta fermata della turbina e di altri macchinari importanti (utenze di III categoria)
- Luci di emergenza in corrente continua
- Inverter per l'alimentazione di circuiti di strumentazione e controllo in corrente alternata

TENSIONE NOMINALE 110 V

(categoria 0 secondo la norma CEI 8-6)

- Circuiti di comando di interruttori e attuatori
- Circuiti per la lettura dei contatti di impianto (ovvero per la definizione dello stato topologico della centrale)
- Circuiti per automazioni e protezioni elettriche
- Valvole a solenoide
- Circuito di superscatto a mancanza di tensione

- In passato si realizzava anche un sistema a tensione più bassa (< 50 V) per l'alimentazione di logiche di automazione, telecomando, allarmi ed elaborazione delle protezioni di caldaia e turbina
- Le nuove apparecchiature di regolazione, protezione e telecomando sono realizzate con tecniche a microprocessori → Alimentazione CA monofase 220-230 V, non interrompibile da batteria/inverter

10

Sezione D – Capitolo 10 – Alimentazione dei servizi ausiliari nelle centrali elettriche

Servizi ausiliari in corrente continua

- Esempio di configurazione (gruppo da 320/660 MW):
 - **2 batterie di accumulatori**, ciascuna dimensionata per alimentare i carichi di una unità e dei servizi comuni per il periodo di tempo necessario per la fermata della turbina in condizioni di sicurezza
 - 30 minuti per unità da 320 MW
 - 1 ora per unità da 660 MW
 - Ogni batteria deve essere in grado di alimentare i carichi di una coppia di unità per il tempo necessario all'intervento di un gruppo diesel di emergenza (tempo cautelavo 10 minuti)
 - **2 raddrizzatori** dimensionati per l'alimentazione dei carichi di un'unità e di quelli comuni e per effettuare contemporaneamente la carica della batteria in un tempo di 10 ore (batterie Pb)
 - **1 raddrizzatore di riserva comune a più unità**, dimensionato anche per effettuare la carica di rigenerazione delle batterie (alimentazione fino a 2,7 V/cella per elementi Pb)
 - **2 quadri di distribuzione** per l'alimentazione dei carichi di unità e comuni



11

Sezione D – Capitolo 10 – Alimentazione dei servizi ausiliari nelle centrali elettriche

Servizi ausiliari in corrente continua

- In condizioni normali, il funzionamento delle due unità è rigorosamente separato (monoblocco)
- Solo in caso di guasto o di intervento per manutenzione su una batteria è previsto che le sbarre di unità vengano collegate ed alimentate dai due raddrizzatori in parallelo tra loro e in tampone sulla batteria in servizio
- In caso di mancanza di tensione AC, le batterie assicurano l'alimentazione dei carichi essenziali
 - Al ritorno della tensione AC i raddrizzatori provvedono alla ricarica della batteria
 - Per brevi interruzioni (< 5 minuti) il raddrizzatore ripristina la carica della batteria a mezzo della tensione di tampone
 - Per interruzioni più lunghe, viene effettuata una ricarica a tensione costante (2,4 V per elemento per batterie elettrochimiche al piombo)

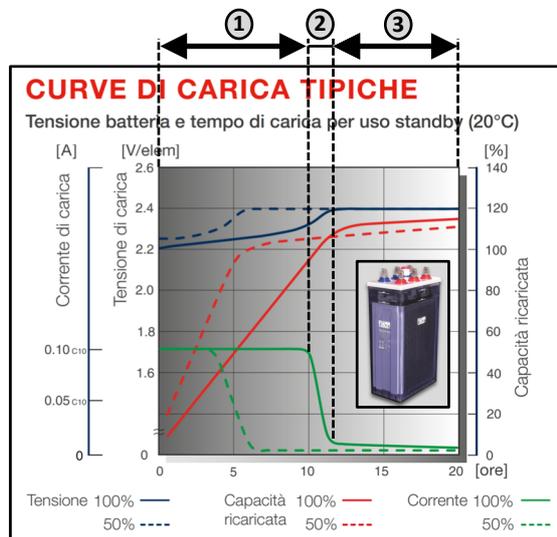


12

Sezione D – Capitolo 10 – Alimentazione dei servizi ausiliari nelle centrali elettriche

Servizi ausiliari in corrente continua

- Il sistema di ricarica comunemente usato è di tipo I-U:
 1. **Carica a corrente costante** I_1 (10-15% della capacità nominale in [Ah], riferita ad un tempo di scarica definito, es. 10 ore per Pb → C10) fino al raggiungimento della tensione di 2,4 V/elemento
 - Stato di carica (SoC) fino al 80-90% (**bulk charge**)
 2. **Carica a tensione costante**, per una durata piuttosto lunga (5-6 ore) fino al raggiungimento di una corrente minima pari a 2-3% di C10, confrontabile con la corrente di mantenimento (**taper charge**)
 3. Quando sono completamente cariche, le batterie vengono tenute in **modalità tampone**, alla tensione di circa 2,2 V/elemento (**carica di mantenimento**)
 - Il circuito di alimentazione delle batterie compensa la loro leggera auto-scarica nel tempo



13