

Supervisão de frequência em sistemas elétricos

Entre os parâmetros que definem a operação de um sistema elétrico, a estabilidade da frequência se destaca como um dos indicadores principais da qualidade do suprimento. Este artigo analisa a dinâmica das variações de frequência e sua influência nos equipamentos de potência, mostra as necessidades de supervisão e propõe critérios de especificação e alocação de registradores dinâmicos para a monitoração.

Iony Patriota de Siqueira

Durante a operação normal de um sistema elétrico, o total de potência produzida pelos geradores é igual à soma das cargas conectadas mais as perdas reais de transmissão e geração. Se, por qualquer razão, esta igualdade deixar de existir, seja pela (des) conexão de consumidores, linhas de transmissão ou de geradores, a frequência irá variar. A taxa de variação inicial e a forma como esta retorna ao valor nominal serão funções da quantidade de massa rotativa (motores e geradores) conectada, do déficit ou excesso de capacidade girante, da característica de frequência da carga, e da rapidez de resposta dos reguladores de velocidade das turbinas que acionam os geradores.

Além destes fatores, a dinâmica da frequência é influenciada, em menor escala, pela topologia da rede. Nos sistemas radiais, a frequência observada nos pontos de carga é praticamente a mesma, variando igualmente durante perturbações no sistema, desprezando-se pequenas variações transitórias nos pontos de consumo de grandes blocos de cargas girantes, tais como as de consumidores industriais. Nos sistemas malhados, além destes fenômenos, a descentralização das fontes de energia poderá produzir, em estado transitório, diferenças de frequência entre as barras de geração e consumo, devido à eventual separação do sistema em subsistemas isolados ou ao surgimento de frequências subsíncronas de oscilação entre usinas. Estas oscilações também podem surgir de forma não amortecida entre áreas excitadas pelos sistemas de controle automático de intercâmbio e frequência.

CONTROLE DE FREQUÊNCIA

Para pequenas variações de carga ou geração, a frequência é restaurada pela ação contínua dos reguladores de velocidade das turbinas, suplementada opcionalmente por um sistema de controle automático de geração (CAG). Para grandes perturbações, a simples ação dos reguladores mostra-se insuficiente, provocando sobrecarga nas máquinas e podendo evoluir em forma de avalanche a níveis

O autor formou-se pela Escola de Eng. da UFPE, em 1974. Curso de especialização: Sistemas de informação. Atividades profissionais: Chefe do Serviço de Proteção do Recife, 1974/78 na Chesf; desta data em diante, Chefe da Div. de Manutenção de Sistemas de Proteção, na mesma empresa.

inaceitáveis para operação comercial [1]. Além destes efeitos, a subfrequência reduz a ventilação de geradores síncronos e a rotação de bombas de resfriamento e circulação de fluidos de caldeiras de usinas térmicas. Fenômenos de ressonância mecânica podem danificar as pás de turbinas a gás ou vapor, se operadas em frequências anormais por longo tempo. Analogamente, excessos de geração podem provocar o aumento exagerado da frequência, com sobreexcitação de transformadores e reatores e danos por sobrevelocidade nos geradores, antes que os reguladores consigam estabilizar a frequência.

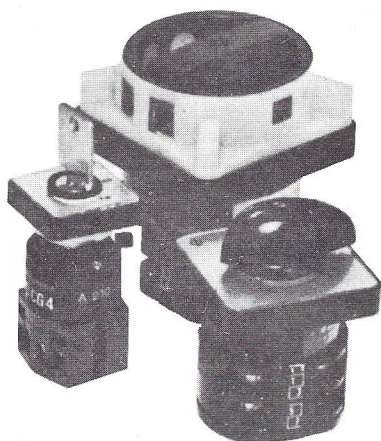
Nestes casos, para sua própria proteção e dos consumidores, as empresas geradoras adotam esquemas especiais de corte automático de carga e alívio de geração. Sensores de frequência rápidos promovem a desconexão seletiva de blocos de consumidores ou de geradores, logo após a perturbação, aproximando os níveis de carga à disponibilidade de geração. Para serem seletivos, estes esquemas são escalonados em níveis sucessivos de frequência e distribuídos em pontos-chaves de consumo e geração. Registra-se atualmente uma tendência à utilização de relés sensíveis à taxa de variação da frequência com o tempo, tornando mais rápido e seletivo o sistema.

Durante a operação destes sistemas tem sido freqüente a atuação parcial do esquema de alívio, mesmo quando a frequência registrada atingiu o ponto de disparo. Normalmente isto é atribuído à proximidade entre o nível mínimo de frequência e o valor ajustado para corte de carga, combinado com variações na sensibilidade dos relés sensores. Além da incerteza sobre a qualidade do esquema, estas ocorrências conduzem a testes repetitivos e desnecessários nos relés, após cada operação duvidosa, na falta de recursos adequados de supervisão.

REQUISITOS DE SUPERVISÃO

Até há pouco tempo os recursos de supervisão disponíveis consistiam em registradores de frequência lentos, para operação do sistema, e de oscilógrafos rápidos, para análise de defeitos e desempenho da proteção. A baixa velocidade dos primeiros era insuficiente para registrar a forma dos distúrbios na frequência, servindo apenas para determinação dos pontos extremos atingidos.

Kraus e Naimer: a chave que comanda o sucesso

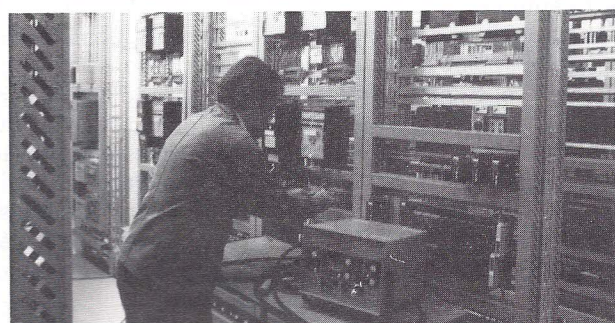


- Tecnologia avançada
- 75 anos de tradição
- Completa linha de acessórios adicionais para controle e comando, instrumentação, motores e outros
- Sistema modular com total flexibilidade em soluções técnicas
- Assistência técnica internacional

**SOLENOID DO BRASIL
INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.**

Av. Berna, 235 - Cep 04774 - São Paulo - SP
Caixa Postal 21427 - Cep 04698 - Fone: 524-1288

SERVIÇO DE INFORMAÇÕES Nº 2266



O CUSTO REAL DA ENERGIA

Seus medidores de energia estão medindo corretamente?

Em consequência, você tem efetivo controle sobre seus custos de energia?

Nós podemos dar-lhes a certeza!

Aferimos e, se necessário, calibramos seus medidores e demais instrumentos de medição em qualquer parte do Brasil, utilizando equipamentos padrões de alta precisão.

messtek

TECNOLOGIA EM MEDIÇÕES

MESSTEK - Importação Com. e Serviços Ltda.

Rua Ossian Terceiro Teles, 159 - Fone (011) 563-5978
Telex 1155575 - Fax (011) 562-9345 - CEP 04649 São Paulo, SP

SERVIÇO DE INFORMAÇÕES Nº 2194

LOCAL 000001

DIA 25/09/88

HORA	FREQ.	RELES	58	60	62
12:45:04.6	60.088	0000		*	
7	60.090	0000		*	
8	60.090	0000		*	
9	60.087	0000		*	
12:45:05.0	60.087	0000		*	
1	60.085	0000		*	
2	60.086	0000		*	
3	60.086	0000		*	
4	60.083	0000		*	
5	60.085	0000		*	
6	60.084	0000		*	
7	60.084	0000		*	
8	60.084	0000		*	
9	60.175	0000		*	
12:45:06.0	59.979	0000		*	
1	59.888	0000		*	
2	59.805	0000		*	
3	59.718	0000		*	
4	59.630	0000		*	
5	59.546	0000		*	
6	59.459	0000	I	*	
7	59.370	0000		*	
8	59.283	0000		*	

Registros de perturbações de frequência do sistema Chesf

LOCAL 000001

DIA 25/09/88

HORA	FREQ.	RELES	58	60	62
16:33:52.2	59.951	0000		*	
3	59.953	0000		*	
4	59.960	0000		*	
5	59.961	0000		*	
6	59.962	0000		*	
7	59.965	0000		*	
8	59.964	0000		*	
9	59.968	0000		*	
16:33:53.0	59.963	0000		*	
1	59.969	0000		*	
2	59.970	0000		*	
3	59.966	0000		*	
4	59.979	0000		*	
5	59.968	0000		*	
6	59.972	0000		*	
7	59.970	0000		*	
8	59.969	0000		*	
9	60.175	0000		*	
16:33:54.0	59.788	0000		*	
1	59.606	0000		*	
2	59.378	0000	I	*	
3	59.171	0000		*	
4	58.980	0000		*	

Além disso, sua localização centralizada não permitia registrar as pequenas diferenças transitórias nas frequências das barras de suprimento, onde se localizam os relés de alívio de carga. Por outro lado, a memória pré-falta e o tempo de registro dos oscilógrafos rápidos eram insuficientes para monitorar até mesmo o primeiro ciclo da incursão da frequência durante uma perturbação.

A monitoração da frequência em regime dinâmico vem sendo adotada gradativamente nos sistemas elétricos [2] como forma de assegurar o desempenho correto dos esquemas de alívio de carga e geração, e também reduzir a incidência de testes nos relés de frequência. Sua aplicação racional exige, entretanto, que cada empresa elabore um plano de supervisão coerente com suas necessidades e as potencialidades atuais da indústria nacional.

PLANO DE SUPERVISÃO

No planejamento da supervisão dos sistemas elétricos é fundamental a correta definição da localização e características técnicas dos registradores dinâmicos de frequência.

A alocação no sistema elétrico é determinada pela topologia da rede, comportamento dinâmico do sistema e localização dos sensores do sistema de alívio de carga e ge-

ração. A prática internacional tem demonstrado a conveniência da instalação de registradores tanto nos centros de produção quanto nos pontos concentradores de carga e intercâmbio com outros sistemas. Instalados nos centros de produção, eles permitem a supervisão e análise da resposta dos reguladores de velocidades, sistemas de corte automático de geração e CAG, durante grandes perturbações, bem como na rejeição de carga pelas usinas. Instalados nos pontos de entrega de energia, eles permitem a monitoração da qualidade final do suprimento, além de otimizar a manutenção do sistema de alívio de carga. Esta alternativa é atrativa também para consumidores industriais e autoprodutores de energia, com processo produtivo sensível às variações de frequência de rede ou que possuam acordos contratuais com a empresa supridora quanto à qualidade da frequência.

As características dos registradores são ditadas essencialmente pelas necessidades de análise das empresas, pelo comportamento dinâmico da frequência e pelos tipos dos sensores do esquema de alívio de carga e geração. Como requisitos mínimos, deverão possuir partida automática e dispor de canais lógicos em quantidade suficiente para registro da atuação dos sensores externos, sincronizados com o canal de registro da frequência. Uma faixa entre 52 e 68 Hz, combinada com quatro canais lógicos, parece ser suficiente para cobrir os limites e sistemas adotados pelas empresas produtoras de energia. Além deste requisito, as faixas de memória e taxa de amostragem do registrador serão escolhidas em função da dinâmica da frequência. Valores de 2 e 5 segundos são considerados suficientes para a memória pré e pós-falta, considerando que as variações de frequência são relativamente lentas em relação a outras grandezas elétricas. Pelo mesmo motivo, a taxa de amostragem poderá ser bastante inferior às adotadas nos registradores de distúrbios elétricos, sendo comumente adotada uma taxa de 10 amostras por segundo.

A precisão e resolução escolhidas devem ser suficientes para diferenciar frequências situadas nas faixas de imprecisão e intervalos de seletividade dos relés de frequência, e para discernir escorregamentos resultantes das oscilações subsíncronas presentes nos sistemas elétricos. Valores de precisão da ordem de 10 MHz são disponíveis nos registradores comerciais e suficientes para estas finalidades. Estes valores serão cada dia mais importantes com a disseminação de relés sensíveis à taxa de variação da frequência com o tempo. Para supervisionar este e outros tipos de relés, é importante que o registrador imprima, além da forma de onda, o valor numérico medido a cada amostra e o horário da perturbação, o que facilita a modelagem, identificação, validação e alimentação de dados para simuladores usados na análise de sistemas. A indicação visual, através de display numérico atualizável, e o registro periódico, com amostragem programável, estendem a aplicação destes registradores às finalidades operacionais, substituindo os tradicionais registradores analógicos.

REFERÊNCIAS

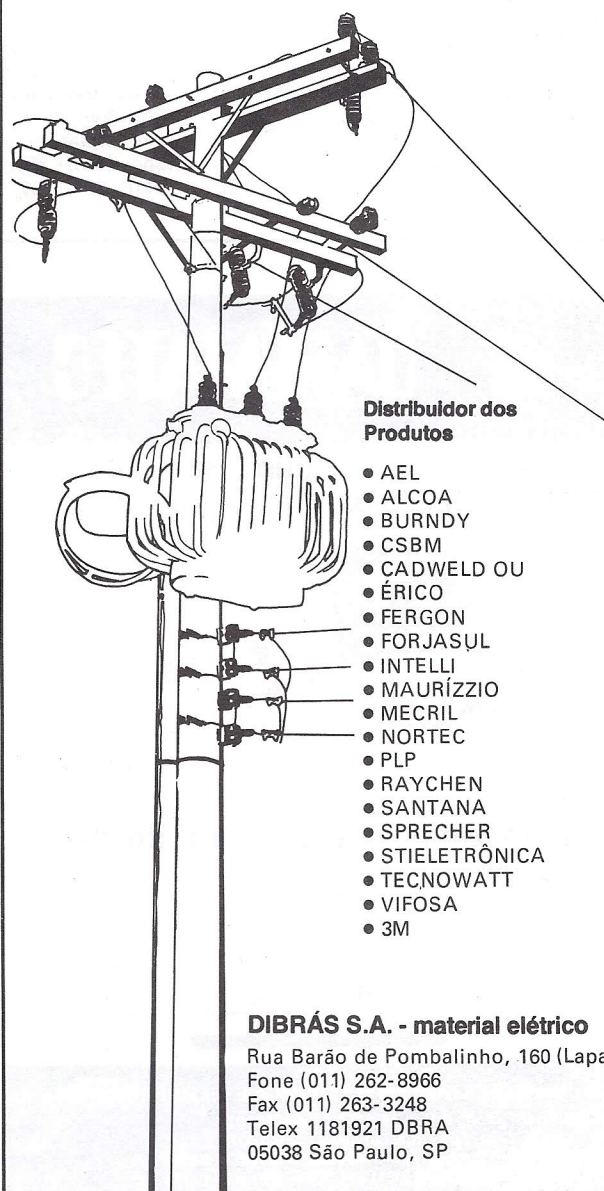
- [1] IEEE Power System Relaying Committee; "Summary of the Guide for Abnormal Frequency Protection for Power Generating Plants"; IEEE Trans. on Power Delivery, vol. 3, n° 1, Jan. 1988, pp. 153-158.
- [2] IEEE Task Force on Instrumentation for System Dynamic Performance; "Power System Disturbance Monitoring: Utility Experiences"; IEEE Trans. on Power Systems, vol. 3, n° 1, Fev. 1988, pp. 134-148.



MATERIAL ELÉTRICO DE ALTA TENSÃO

- Redes Aéreas de Distribuição
- Linhas de Transmissão
- Eletrificação Rural
- Entradas e Cabines de Alta Tensão
- Subestações Industriais
- Aterramentos

MATERIAL APROVADO CONFORME NORMAS ABNT



Distribuidor dos Produtos

- AEL
- ALCOA
- BURNDY
- CSBM
- CADWELD OU
- ÉRICO
- FERGON
- FORJASUL
- INTELLI
- MAURÍZZIO
- MECRIL
- NORTEC
- PLP
- RAYCHEN
- SANTANA
- SPRECHER
- STIELETRÔNICA
- TECNOWATT
- VIFOSA
- 3M

DIBRÁS S.A. - material elétrico

Rua Barão de Pombalinho, 160 (Lapa)
 Fone (011) 262-8966
 Fax (011) 263-3248
 Telex 1181921 DBRA
 05038 São Paulo, SP

SERVIÇO DE INFORMAÇÕES Nº 2031