Sonderdruck
Deutsche Fassung von:

Kraut,H.; Schossig,W.: Concept of Protection, Automation & Control of a German Distribution System Operator. PACWorld, December.2015, pp. 28-33, www.pacw.org

Schutz- und Automatisierungskonzept eines Verteilungsnetzbetreibers (VNB) in Deutschland

Heiko Kraut, TEN Thüringer Energienetze und Walter Schossig, VDE Thüringen

Einleitung

Die TEN Thüringer Energienetze GmbH ist ein Strom- und Gasnetzbetreiber. Sie versorgt das Bundesland Thüringen flächendeckend sowie 27 selbständige Stadtwerke mit Elektroenergie. Sie ist Betreiber von 98 Umspannwerken, vorwiegend 110 kV/MS und 2793 km 110-kV-Leitungen, 13300 MS- und 18283 km NS-Leitungen sowie 7000 MS/NS-Stationen. Bild 1 zeigt das Versorgungsgebiet in Deutschland.

Bild 1 Netzgebiet Strom der TEN (D)

Das 110-kV-Netz besitzt 7 Einspeisepunkte aus dem 380- bzw. 220-kV-Netz vom Übertragungsnetzbetreiber 50Hz Transmission und 6 Windparkeinspeisungen mit insgesamt etwa 530 MW. Bei den 110-kV-Freileitungen handelt es sich in der Regel um Doppelsysteme. In Einzelfällen kommt 110-kV-Kabel zum Einsatz. Das gesamte 110-kV-Netz wird vermascht betrieben. Das Mittelspannungsnetz hat eine Nennspannung von 20 bzw. 10 kV und besteht überwiegend aus offen gefahrenen Ringen. In den Umspannwerken sind in der Regel zwei Transformatoren 110/20 kV, YN(d)yn0 bzw. 110/20(10)/20 kV, YN(d)ynyn0 mit je 40 MVA bzw. 40/20/20 MVA installiert, sodass jeweils zwei bzw. vier Mittelspannungsnetze (Erdschlussgebiete) gespeist werden In den 20- bzw. 10/0,4-kV-Ortsnetzstationen sind mit HH- (high-voltage-high braking-capacity, h..v.h.b.c. fuse) bzw. NH-Sicherungen (low-voltage high.breaking-capacity fuse, l.v.h.b.c. fuse) versehene Transformatoren, 250 bis 630 kVA, Schaltgruppe Dyn5, eingesetzt. In den 20-kV-Leitungen sind Lasttrennschalter eingebaut und etwa alle 10 Stationen sind mit Leistungsschaltern und Leitungs-Sekundärschutz versehen. Zwei Kraftwerkseinspeisungen mit insgesamt 310 MW erfolgen über Blocktransformatoren in das 110-kV-Netz. Weitere Kraftwerkseinspeisungen befinden sich im Mittelspannungsnetz. Der grundsätzliche Schaltungsaufbau eines Leitungs- und Transformatorabganges sowie einer 110-kV-Kupplung bei Doppel-SS-Anlagen ist aus Bild 2 bzw. Bild 3 ersichtlich. Bei 110-kV-Leitungseinschleifungen kommt eine Kleinschaltanlage bestehend aus zwei Leitungs- und zwei Transformatorenabgängen zum Einsatz. Mittelspannungsseitig ist Längskupplung in den SS1 und 2 mit Leistungsschalter vorgesehen, so dass im Normalschaltzustand je ein Trafo im Block A und B eine Sammelschiene speist.

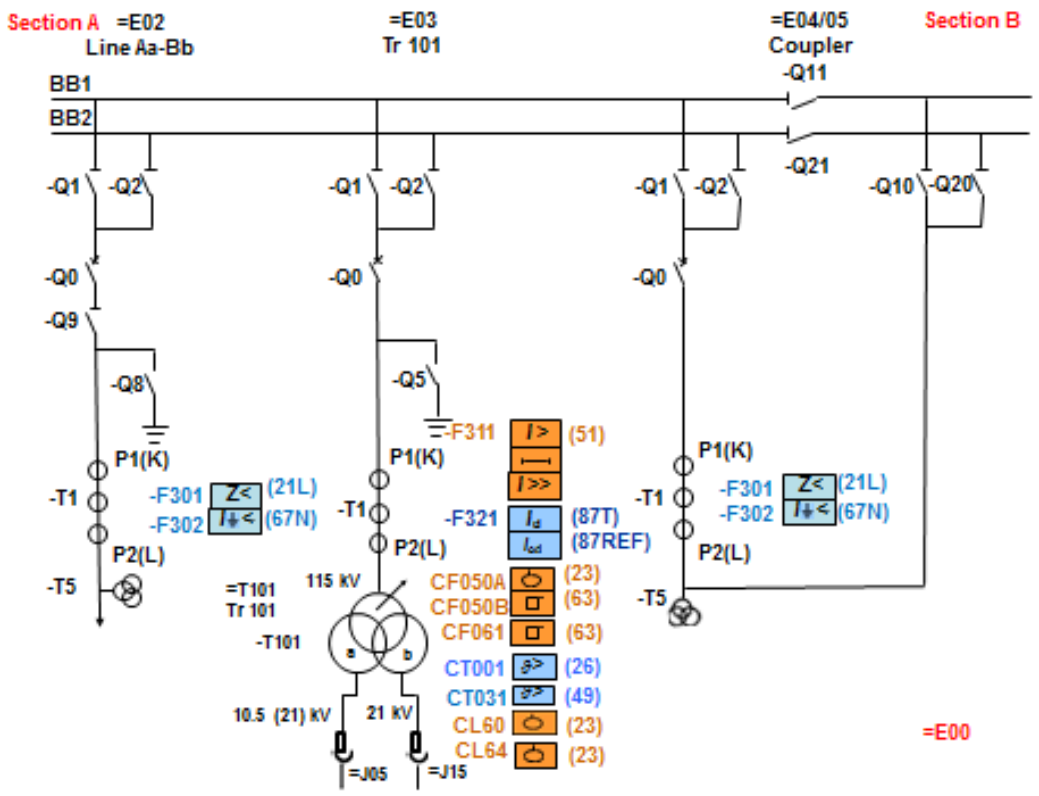


Bild 2 110-kV-Doppel-SS-Anlage

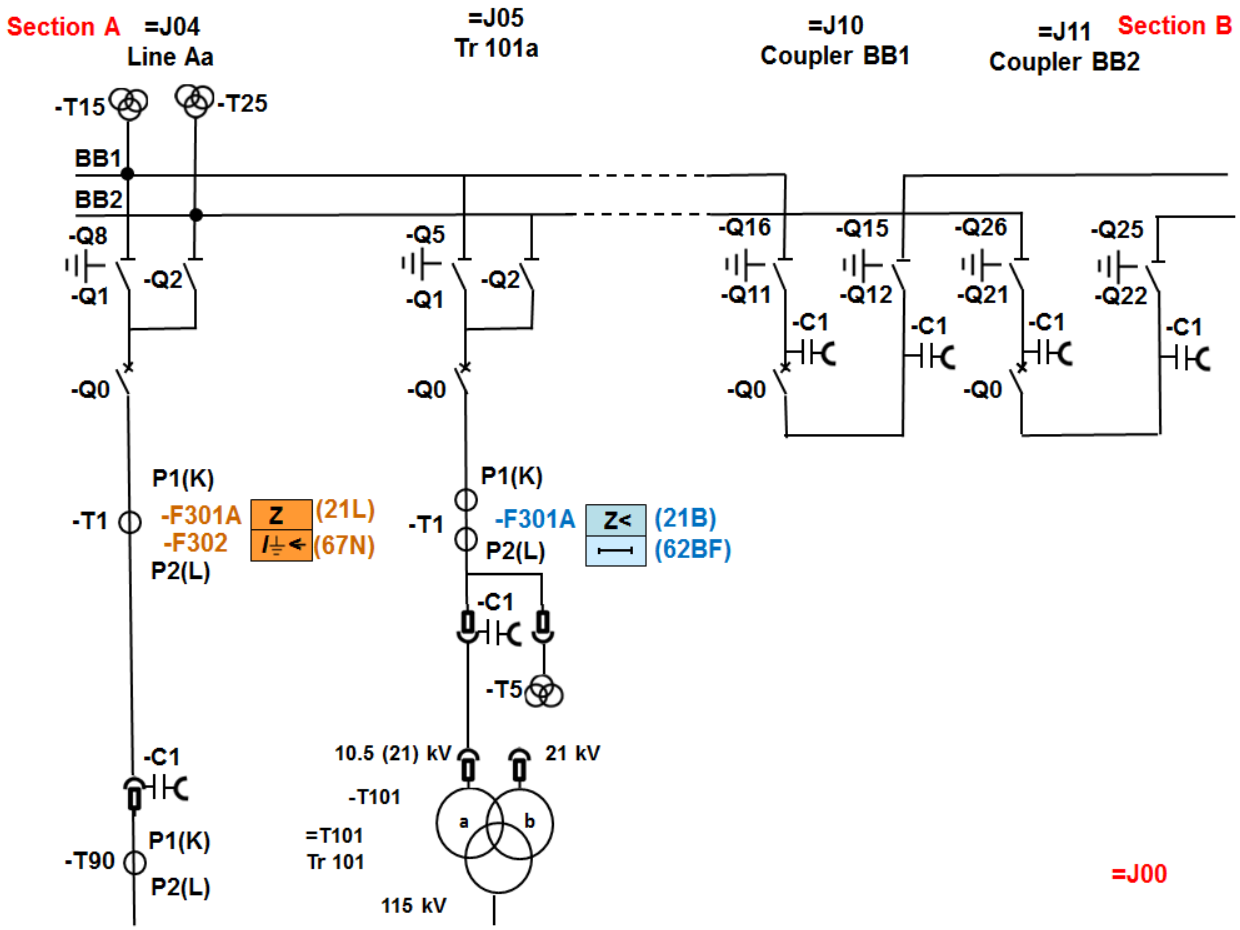


Bild 3 20-kV-Doppel-SS-Anlage

Das 110-kV- und die Mittelspannungsnetze werden kompensiert betrieben. D.h. die Sternpunkte der Transformatoren sind über Petersenspulen zur Kompensation des kapazitiven Erdschlussstromes mit der Stationserde verbunden. In einigen Mittelspannungsnetzen ist eine Kurzzeitige Niederohmige Sternpunkterdung realisiert. In Kraftwerks-Eigenbedarfsnetzen sowie bei einigen Einspeisungen in Stadtwerksnetze wird die ständige niederohmige Sternpunkterdung angewandt.
Zum Schutz der Leitungen, Transformatoren, Generatoren und Schaltanlagen sind 3780 digitale und 790 elektromechanische Schutzrelais installiert.

Grundsätze für die Schutzauslegung

Bei Neuanlagen oder Rekonstruktionen gelten folgende Grundsätze:

- Als Hauptschutz für Leitungen, Transformatoren, Generatoren, Motoren und Kupplungen ist digitaler Schutz einzusetzen.
  Die Schutzrelais sind für eine Hilfsspannung von 220 V DC und einem Nennstrom von 1 A bzw. Nennspannung von 100 V, mit serieller Schnittstelle und Schalttafel- oder Schrankeinbau auszulegen. Bild 4 gibt schon einmal einen Überblick der eingesetzten Schutzrelais und Wandler.

Abgang	Einbauort	Schutz	Optionen	Stromwandler
110-kV-Leitung oder -Kupplung	=E..+SR01 Relaishaus bzw. R01 Relaiswarte	Distanz	AWE, Z<, PU, Fehlerort, Störschrieb, Ed-Wi	TPZ 5 W ± 1% + 180´ ± 10 % 50 ms 200/400/1/1/1 A ext. 200 %
110-kV-Trafo, OS und Diff.	=E..+SR01 Relaishaus bzw. R01 Relaiswarte	UMZ Diff.	I>> Störschrieb	TPZ 5 W ± 1% + 180´ ± 10 % 50 ms 200/400/1/1/1 A ext. 200 %
20-kV-Trafoeinspeisung.	=J..+SR1 NS-Nische	Distanz	Z<, Störschrieb	1200/1/1 A 5 VA 5P20
20-kV-Leitung	=J..+SR1 NS-Nische	Distanz	Z<, AFE, AWE, Ed, Fehlerort, Störschrieb	400/1 A 5 VA 5P20 60/1 A
20-kV-Quer- oder Längskupplung	ohne Schutz und ohne Wandler			
Digitaler Schutz mit den technischen Daten: 220 V DC, 1 A, serielle VDEW/ZVEI-Schnittstelle mit LWL-Anschluss, für Schalttafel- oder Schrankeinbau				

Legende:

ÂFE Automatische Frequenzentlastung
AWE Automatische Wiedereinschaltung
Ed Selektive Erdschlussrichtungserfassung
Ed-Wi Selektive Erdschlussrichtungs-Wischererfassung
I>> Hochstromstufe
PU Parameter- (Kennlinien-) Umschaltung
Z< Unterimpedanz - (R-X-) Anregung
=E 110-kV-Abgang
=J 20-kV-Abgang

Bild 4 Schutzrelais und Wandlerauswahl

Die konkrete Beschreibung erfolgt später bei den jeweiligen Schutzobjekten. Bei den Mittelspannungs-Leitungsabgängen kommen Integrierte Schutz- und Bedieneinheiten (integrated protection and control relay) zum Einsatz.

- Die einzusetzenden Schutzrelais müssen der gemeinsam vom deutschen VDE/FNN, dem VEÖ ÖSTERREICHS ENERGIE und dem VSE Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen herausgegebenen „Anforderungen an digitale Schutzeinrichtungen“ [1] und „Leitfaden für Schutzsysteme“ [2] entsprechen.
- Das Prinzip Haupt- und Reserveschutz wird durchgehend gesichert.
- Die zulässigen Fehlerklärungszeiten (Fehlererfassung und –unterbrechung) sind in Bild 5 zusammengestellt.[5]

Schutzbereich		Haupt-schutz	Reserve-schutz	Schalterver-sagerschutz
110-kV-Leitung und -Anlage		120 ms / 400 ms *	2 s **	
110-kV-SF_6-Anlage ***	< 40 kA	0,2 s	0,5 s	
	≥ 40 kA	0,1 s	0,3 s	
MS-Leitung und -Anlage		1 s	2 s	
110-kV-/MS-Trafo		150 ms	2 s ***	300 ms
MS-/0,4-kV-Trafo		300 ms	2 s	

* zur Überstaffelung von Kupplungen kann 600 ms erforderlich sein
** durch Laufzeitadditionen kann diese überschritten werden
*** soweit nicht anders vereinbart

Bild 5 Zulässige Fehlerklärungszeiten im 110-kV- und MS-Netz

- Erdschlüsse werden im kompensierten Netz nur gemeldet und von Hand heraus geschaltet.
- Alle Sekundärschutzrelais werden über Prüfsteckdosen angeschlossen [3]. Beim Stecken des Prüfsteckers werden die Stromwandlerkreise automatisch kurzgeschlossen, die Spannungswandlerkreise, Aus- und Meldeimpuls unterbrochen und durch Binäreingang am Relais die serielle Schnittstelle in Testzustand versetzt. Die obere Seite des Prüfsteckers gestattet somit ein gefahrloses Anschließen einer Prüfeinrichtung.
- In den Umspannwerken werden die Leistungsschalter, Trenner und Erdungstrenner von der zentralen Lastverteilung in Erfurt ferngesteuert. Im Umspannwerk ist eine Bedienung vom Bildschirmarbeitsplatz und vor Ort an der Schaltzelle möglich.
- Bei den Spannungswandlern wird an der offenen Erdschlusshilfs-da(e)-dn(n)-Wicklung der dn(n) von L1 geerdet und als Kippschwingungsdämpfer ein ohmsche Widerstände, 25 Ω, 6 A, eingebaut.
- Die sekundärseitige Erdung der Stromwandler erfolgt immer Richtung Schutzobjekt (Leitung, Transformator, Generator).
- Die Betriebsmittelkennzeichnung ist für alle Geräte einheitlich festgelegt [5], z.B. Distanzrelais –F301, zugehörige Sicherung –F301F, Ausrelais -K301A, Klemmenleiste – X301, AWE AUS/EIN –S301W, Prüfsteckdose –X301P

- Schaltungsunterlagen werden nach den Ausarbeitungen der Interessengemeinschaft Energieverteilung (IG EVU) – zusammengesetzt aus Vertretern der Energieversorgungsunternehmen und Herstellern – ausgeführt [4].

Mit diesen Grundsätzen und den nachstehend beschriebenen Spezifikationen für die Schutzobjekte wird erreicht, dass der letzte Stand der technischen Entwicklung berücksichtigt wird, eine Vereinheitlichung eintritt, die eine rationelle Betriebsführung und eine weitgehende Wiederverwendung bei weiteren Projekten ermöglicht.
In einem weiteren Teil werden die Schutzauslegung für Leitungen, Transformatoren und Schaltanlagen, Automatisierungseinrichtungen und Hilfsenergieversorgung vorgestellt.

Leitungsschutz

Bei den 110-kV-Freileitungen bzw.- Kabeln ist in der Regel Distanzschutz –F301 (21) mit den Optionen *R-X*-Anregung, AWE, Fehlerorter, Störschrieb und Erdschlussrichtungserfassung eingesetzt. Damit wird erreicht, dass 85 % der Leitungsstrecke mit Schnellzeit erfasst wird. In den letzten 15 % der Leitungsstrecke erfolgt eine Fehlerabschaltung in der zweiten Zeitstufe mit 0,3 s. In einzelnen Fällen ist der Distanzschutz zum Erreichen einer 100 % igen Schnellabschaltung mit zusätzlicher Signalabfrage versehen bzw. Leitungsdifferentialschutz eingesetzt. Die Kommunikation der beteiligten Leitungsschutzrelais erfolgt über LWL eingebettet im Erdseil.
Zur Eliminierung von Lichtbogenfehlern wird im Freileitungsnetz eine einmalige Wiedereinschaltung mit einer Pausenzeit von 0,4 s vorgenommen.
Kommt es bei einer Handeinschalten vor Ort oder über die Leittechnik zu einer Schutzanregung, so erfolgt die unverzögerte Wiederauslösung. Die erforderliche Funktion wird hierzu über einem Binäreingang dem Schutzrelais mitgeteilt.
Im Mittelspannungsnetz wird Distanzschutz –F301A (21L) mit spannungsgesteuerter Überstromanregung und den Optionen wie im 110-kV-Netz als integrierte Schutz- und Steuereinheit eingesetzt. Allerdings wird hier eine zweimalige AWE (mit einer kurzen Pause von 0,4 s und einer zweiten Pause von 10 s) realisiert.
Bild 6 enthält die typisch zum Einsatz kommenden Distanzrelais.

Hersteller	110 kV	MS
ABB	REL316	REL316
Siemens	7SA8	7SA86
Schneider Electric	P433	P439
Sprecher Automation	DD6-1	DDE6-2

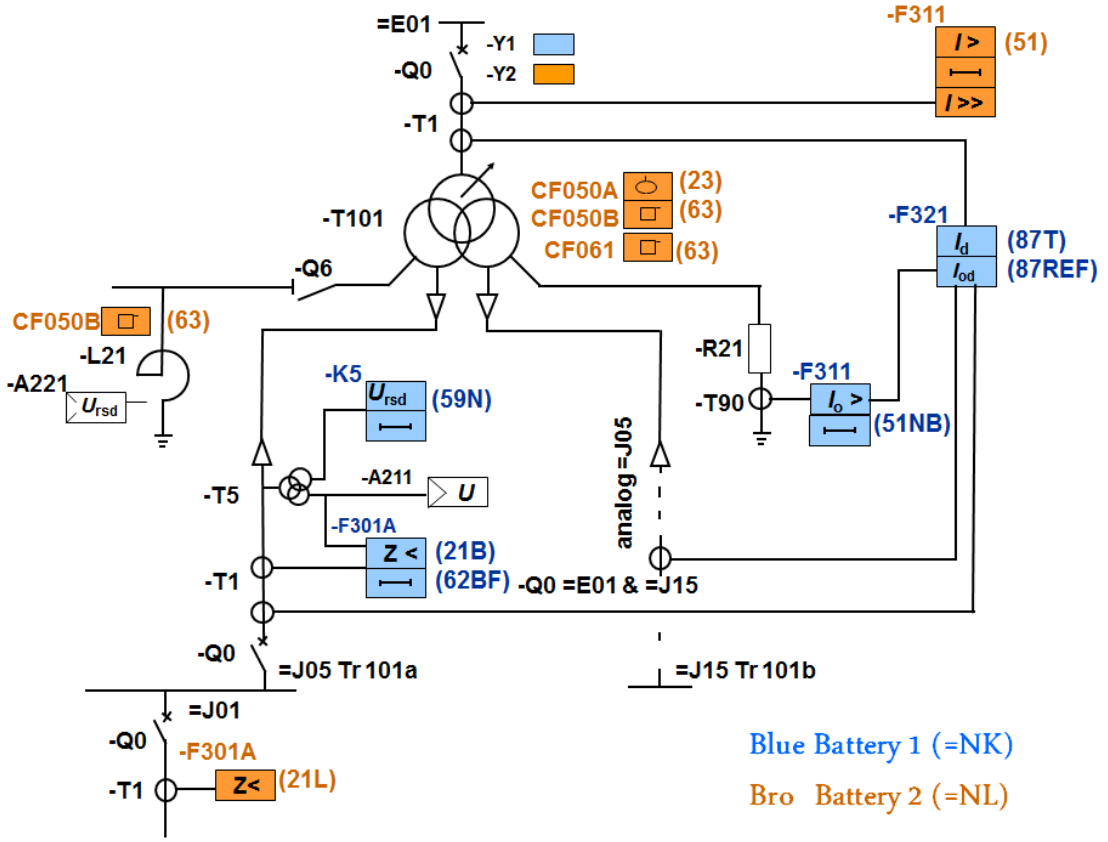
Bild 6 Typische eingesetzte Distanzrelais

Während in den 110-kV-Abgängen jeweils drei einpolig isolierte Spannungswandler - eingebaut zwischen Freileitungstrenner und Leitung für Verriegelungszwecke des Erdungstrenners – zur Anwendung kommen, erhalten im Mittelspannungsnetz nur die Transformatoreneinspeisungen und die Sammelschienenblöcke Spannungswandler. Über Abfrage der Meldeschalter der SS-Trenner werden dann den Leitungs-Distanzrelais die entsprechenden Wandlerspannungen zugeführt.
Zur Sperrung der *R-X*-Anregung bzw. unselektiven Auslösung bei Spannungswandlerschutzschalterfall wird über einen voreilenden Kontakt einem Binäreingang die Versorgungsspannung entzogen und auf Not-Überstromzeitschutz umgeschaltet.
Den Reserveschutz übernimmt der vorgeordnete Leitungsschutz mit der Stufe 2 bzw. 3. Beim Leitungsdifferentialschutz ist als Reserveschutz zusätzlicher Überstromzeitschutz eingebaut.

In den Umspannwerken kommen in der Mittelspannung grundsätzlich und auf der 110-kV-Ebene in speziellen Fällen GIS-Anlagen mit so genannten Dreiwegeschaltern (Kombination von SS-Trennern –Q1 und Erdungstrennern –Q8) zum Einsatz. Die Erdung erfolgt somit (kurzschlussfest) über den Leistungsschalter –Q0. Elektrisch oder mechanisch wird verhindert, dass beim ungewollten Zuschalten vom Leitungsgegenende die Erdung durch Schutzauslösung aufgehoben wird.

Transformatorenschutz

Transformatoren werden wegen ihrer Bedeutung und den Auswirkungen beim Schutzversagen mit mehreren Schutzeinrichtungen versehen. Diese gewährleisten auch beim Versagen eines Schutzes oder einer Batterie eine Schnellabschaltung im Fehlerfall.
In Bild 7 ist das Schutzkonzept für einen 110/20(10)/20-kV-Transformator, 40/20/20 MVA, dargestellt [5].



Legende:

-A211	Spannungsregler
-A221	Verstimmungsgradregler
-F301A (21B) (62BF)	Distanzschutz mit *R*-*X*-Anregung und Schalterversagerschutz
-F301A (21L)	Distanzschutz mit spannungsgesteuerter Überstromanregung und AFE
-F311 (50) (51)	Überstromzeitschutz mit Hochstromschnellstufe
-F311 (50NB)	Nullstromzeitschutz
-F312 (87T) (87REF)	Differentialschutz mit Nullstrom-Differentialschutz (REF)
-K5 (59N)	Erdschlussmelderelais
-Y1	Leistungsschalter-AUS-Spule 1
-Y2	Leistungsschalter-AUS-Spule 2
CF050A (23)	Buchholz-Warnung Kessel

CF050B (63) Buchholz-AUS Kessel
CF061 (63) Buchholz-AUS Stufenlastumschalter
blau Batterie 1 (=NK) braun Batterie 2 (=NL)

Bild7 Schutzkonzept 110/20/20-kV-Transformator

Fehler im Transformator –T101 bzw. in der Erdschlussdrossel –L21 sowie innerhalb des Diff.-Bereiches führen durch das Ansprechen des Buchholzschutzes CF050B bzw. CF061 (63) bzw. Diff.-Schutzes –F321 (87) zur unverzögerten Auslösung aller Transformatoren-Leistungsschalter.
Der Überstromzeitschutz -F311 (51) auf der Oberspannungsseite stellt mit seiner Hochstromstufe je nach Fehlerort einen unverzögerten bzw. verzögerten Reserveschutz dar.
Der im –F321 integrierte Nullstrom-Diff.-Schutz (87REF) wirkt bei einpoligen Fehlern im Nullstrom-Diff.-Bereich, d.h. zwischen –T1 und –T90 (je nach Wirkungsprinzip auch bei Isolationsfehler im Sternpunktwiderstand –R21) und ebenfalls unverzögert auf alle Transformatorschalter. Durch die Anwendung des Nullstrom-Diff.-Schutzes kann die für den einpoligen Fehlerfall erforderliche Nullstromeliminierung entfallen und der Rückgang der Empfindlichkeit auf ⅔ vermieden und sogar eine noch höhere Empfindlichkeit erreicht werden. Bild 8 enthält die typisch eingesetzten Transformator-Differenzialrelais.

Hersteller	110 kV
ABB	RET316
Siemens	7UT613
Schneider Electric	P634
Sprecher Automation	D3Q6-1

Bild 8 Typische eingesetzte Trafoschutzrelais

Der Distanzschutz –F301A (21B) auf der Unterspannungsseite des Transformators arbeitet als Anlagenschutz bzw. Reserveschutz für die Leitungsabgänge und wirkt mit seiner Stufenzeit auf den zugehörigen Leistungsschalter sowie als Schalterversagerschutz zeitverzögert auf die übrigen Leistungsschalter des Transformators.
Der am Sternpunktwandler –T90 angeschlossene Nullstrom-Zeitschutz –F311 (51NB) wirkt mit der ersten Zeitstufe als SS- bzw. Leitungsreserveschutz auf den zugehörigen Transformatorschalter. Mit der zweiten Zeitstufe wirkt er als Schalterversagerschutz bzw. Schutz für den Fehler zwischen Leistungsschalter und Transformatorsternpunkt und für den Widerstand –R21.
Das Erdschlussmelderelais –K5 (59N) führt über das Steuergerät –A201 unverzögert zur Verriegelung der Betätigung des Sternpunkttrenners –Q6 und Weitermeldung an die Netzleitstelle.

Kupplungsschutz

Die 110-kV-Kupplungen werden mit Distanzschutz analog den Leitungen versehen. Es werden vier Parametersätze genutzt:
Kennlinie 1: gekuppelter 2-SS-Betrieb
Kennlinie 2: Einheitskennlinie für kurze Leitungen
Kennlinie 3: Einheitskennlinie für lange Leitungen
Kennlinie 4: Kennlinie für Transformatorenabgänge
Je nach Schaltzustand wird die zutreffende Kennlinie über Binäreingänge im Relais aufgerufen.

Um das Arbeiten des Richtungsgliedes zu sichern ist bei der Schaltungsauslegung (z.B.-T1:P1(K) zum –Q0) und der Festlegung des Schaltzustandes(z.B. Speisung der Leitung von SS1 über –Q1, -Q0, -T1, -Q20 über SS2 zur Leitung =E02) die richtige Anordnung zu achten (0).

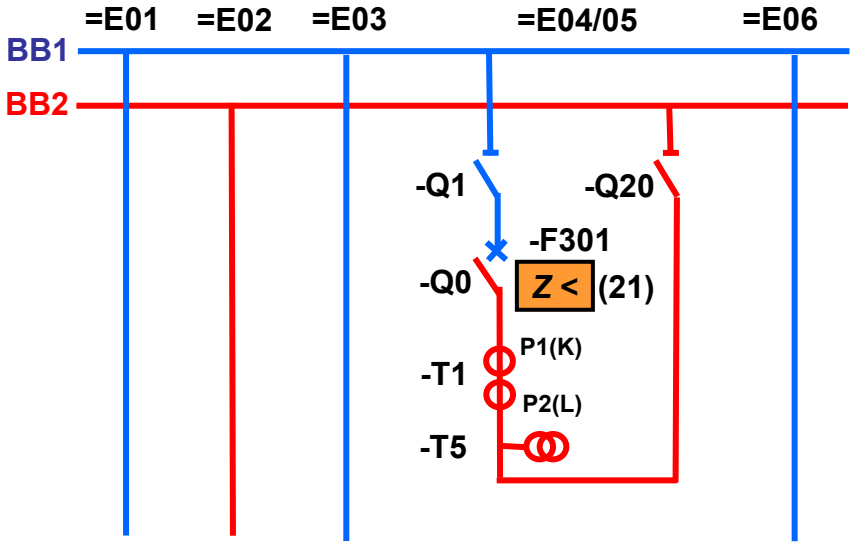


Bild 9 Kupplung als Leitungsschutz

In den Mittelspannungs-Kupplungen kommt in den Umspannwerken kein Schutz zum Einsatz. Lediglich in Kundenstationen wird als Übergabeschutz Überstromzeit- oder Distanzschutz eingebaut.

Sammelschienen- und Anlagenschutz

Der Sammelschienen- bzw. Anlagenschutz wird in Stationen in der Regel durch den Leitungsschutz in der vorgeordneten Selektivstation gesichert. Bei 110-kV-GIS-Anlagen wird Strom-SS-Diff.-Schutz angewandt. In Umspannwerken kommt in den Mittelspannungs-Einspeisungen Distanzschutz mit *R*-*X*-Anregung und angehobener Schnellzeit zum Einsatz, Bild 7 =J05-F301A (21B). Damit wird eine Erfassung von Sammelschienenfehlern unter 1 s und ein Reserveschutz auch für lange Freileitungsstrecken gesichert. Ein integrierter Schalterversagerschutz sorgt auch bei einem Fehler zwischen Stromwandler –T1 und Leistungsschalter –Q0 und somit außerhalb des Diff.-Bereiches, zur Abschaltung unter 1 s.

Erdschlussschutz

Jedes Netz wird zunächst auf Erdschluss jeweils auf der Unterspannungsseite der Transformatoreneinspeisungen durch ein Nullspannungsrelais –K5 (59N) – angeschlossen an der da e)-dn(n)-Wicklung – überwacht. Zur selektiven Erdschlusserfassung kommen verschiedene Methoden zur Anwendung. Im 110-kV-Netz wird das Erdschlusswischerprinzip verfolgt (Bild 10).

Bild 10 Erdschlusswischerrelais, ERER3, Sprecher Automation

Bild 11 Erdschlussrichtungsrelais, EOR-D, A.Eberle

Im kompensierten Mittelspannungsnetz gelangt neben dem Erdschlusswischerprinzip die Oberschwingungs-Relativmessung bzw. qu-Methode (Bild 11) zur Anwendung [5].

Die Erfassung des Nullstromes erfolgt durch Kabelumbauwandler 60/1 A. In einigen Stadtwerks-Kabelnetzen wird die niederohmige Sternpunkterdung verfolgt, bei der der einpolige Kurzschlussstrom auf max. 2 kA begrenzt ist und die Fehlerstrecke durch Nullstrom-Zeitschutz herausgetrennt wird. Kraftwerkseigenbedarfsnetze werden ebenfalls mit niederohmige Sternpunktbildung – allerdings auf 90 A begrenzt- ausgelegt. In einigen Fällen wird im Mittelspannungsfreileitungsnetz die kurzzeitige niederohmige Sternpunkterdung realisiert. Hierbei wird der Petersenspule Gelegenheit gegeben Lichtbogenfehler zu löschen. Liegt ein metallischer Fehler vor, wird nach 1 s ein ohmscher Widerstand (0,3 bis 2 kA) parallel geschaltet, sodass durch den Nullstrom-Zeitschutz die erdschlussbehaftete Leitung angezeigt wird.

Bild 12 zeigt einen Schutz- und Steuerschrank für einen 110-kV-Transformator und Bild 13 eine 20-kV-Schaltanlage mit Integriertem Schutz- und Steuerung.

Bild 12 110-kV-Schutz- und Steuerschränke, li Transformator-Differentialschutz 7UT6 mit UMZ-Schutz 7SJ6, Siemens, Mitte Feldleitgerät, Verstimmungsgradregelung, REG-DP, A. Eberle, und MS-Erdschlusserfassung,EAW UEw01, re Feldleitgeräte, SIEMENS, Spannungsregler, REG-D, A. Eberle, AFE-Relais, 7RW600, Siemens sowie die jeweils zugehörigen Prüfsteckdosen, IPS, SecuControl und Zwischenrelais, 2RH02, EAW

Bild 13 20-kV-Schaltanlage WSB mit Distanzschutz und Steuerung, P439, AREVA und Prüfsteckdose, IPS, SecuControl

Automatisierungseinrichtungen

Automatische Frequenzentlastung (AFE)

In den Umspannwerken kommt derzeitig Frequenzlastabwurf in den MS-Trafoeinspeisungen zum Einbau –A371 (81), der bei (bei vorhandenen dezentralen Einspeisern unter Abfrage der Leistungsrichtung) auf vorgewählte Leitungsabgänge wirkt.

Automatische Spannungs- und Verstimmungsgradregelung

Die 110-kV-/MS-Transformatoren sind mit Stufenschaltern für ± 16 % in 19 Stufen ausgerüstet. Jeder Transformator erhält einen Spannungsregler –A211. Die Ist-Wert-Abnahme erfolgt vom Spannungswandler der MS-Transformatoreneinspeisung. Es handelt sich um einen Zweipunktregler mit zwei Spannungsbändern, Sollwert- und Laufzeitüberwachung.
Die Petersenspulen erhalten Verstimmungsgradregler –A211, die nach dem Verlagerungs-Spannungs-Prinzip arbeiten. Die Führungsgröße wird an dem in der Petersenspule integrierte Spannungswandler abgegriffen.

Umschaltautomatik

Beim AC-Eigenbedarf in Umspannwerken erfolgt auf der 0,4-kV-Seite der Eigenbedarfstransformatoren eine automatische Umschaltung. Netzumschaltautomatiken werden noch in speziellen Fällen eingebaut. Auf Grund der vorhandenen Leittechnik wird auf Umschaltautomatiken bei den Netztransformatoren verzichtet.

Hilfsenergieversorung

Zum Erreichen einer Redundanz beim Ausfall der Gleichspannungsanlage gelangen in den Umspannwerken zwei DC-Anlagen zur Aufstellung. Die Batteriekapazität wird hierbei halbiert. Die DC-Verteilungen sind über eine Diodenkupplung verbunden. Bild 14 zeigt eine DC-Doppelanlage, wie sie als Standardlösung zum Einsatz kommt. Rechts und links die Gleichrichtereinspeisungen der Batterien dazwischen die Hochsetzsteller und die normal geschlossene Diodenkupplung.

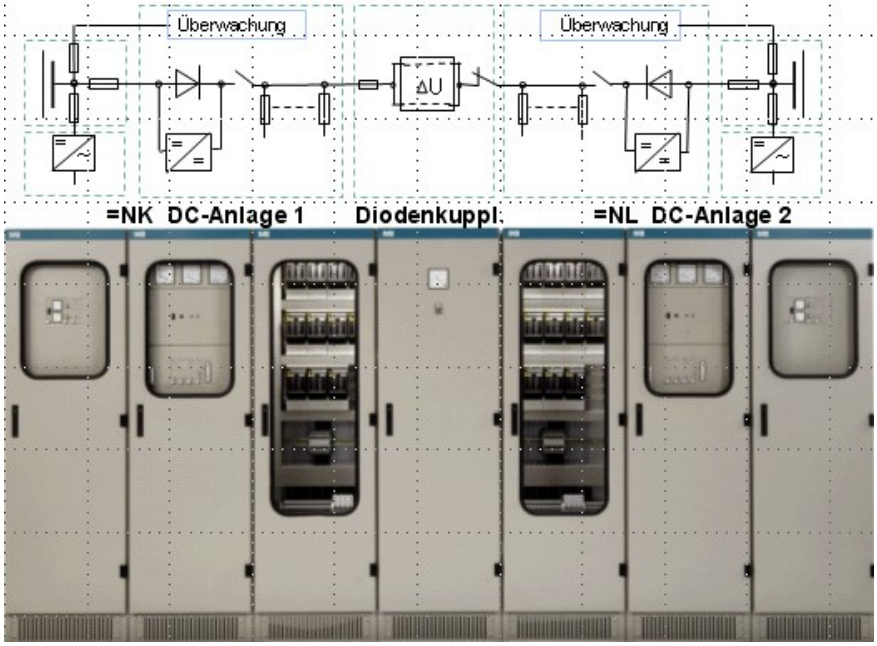


Bild 14 DC-Doppelanlage, Typ 4000, IMB

Bei Aufteilung der Hilfsstromversorgung der Schutzeinrichtungen eines 110/20-kV-Transformators gem. Bild 13 wird erreicht, dass das Reserveschutz-Prinzip gegeben ist. So ist z.B. bei einem Fehler im Transformator und gleichzeitigem Ausfall der DC-Anlage 1 (=NK) der Differentialschutz unwirksam, aber die Auslösung kann durch den von der DC-Anlage 2 (=NL) versorgten Buchholzschutz erfolgen. Ebenso würde beim Fehler in einem 20-kV-Leitungsabgang und Ausfall der DC-Anlage 2 (=NL) der Reserveschutz durch den von der DC-Anlage 1 (=NK) versorgten Distanzschutz der Transformatoren-Einspeisung – F301A (21B) gewährleistet.

Schutzart	Bezeichnung			DC-Anlage		AUS-Impuls			
	DIN		ANSI	=NK	=NL	=E01		=J05	
						-Y1	-Y2	-Y1	-Y2
Überstromzeitschutz 110 kV	-F311	I> I>>	51 50		x	(x)	x	(x)	(x)
Differentialschutz	-F321	I_d	87T	x		x	(x)	x	(x)
Buchholz Kessel	CF050A CF050B		23 63		x	(x)	x	(x)	x
Buchholz Lastschalter	CF061		63		x	(x)	x	(x)	x
Temperaturwächter	CT001	ϑ>	26	x					
Distanzschutz 20-kV-Einsp.	-F301A	Z<	21L	x		x	(x)	x	(x)
Erdschlussmeldung 20 kV	-K5	U_{rsd}	59N	x					
Ort- und Fernsteuerung	-K0A/E			x		x		x	
Distanzschutz MS-Leitungen	-F301A	Z<	21B		x	=J01... x		...=Jn x	

Legende:

=NK	DC-Anlage 1
=NL	DC-Anlage 2
=E01	110-kV-Transformatorfeld
=J01...Jn	20-kV-Leitungsabgänge
=J05	20-kV-Transformatorzelle
-Y1	AUS-Spule 1 am Leistungsschalter
-Y2	AUS-Spule 2 am Leistungsschalter
x bzw. (x)	angeschlossen bzw. zusätzlich angeschlossen

Bild 15 Hilfsenergieversorgung von Schutz und Steuerung 110/20-kV-Transformator und 20-kV-Leitungen

AC-Anlagen

Der 0,4-kV-Eigenbedarf wird durch zwei Eigenbedarfstransformatoren gespeist und versorgen die Gleichrichter, er die Lüfter an den Transformatoren sowie die Stufung der Transformatoren und Petersenspulen.

Leittechnik

Alle digitalen Schutzrelais sind seriell über LWL an die Stationsleittechnik angeschlossen. Als Übertragungsprotokoll war bisher IEC 60870-5-103 gewählt worden. Für Neuanlagen kommt IEC 61850 zur Anwendung. Durch die Nutzung der Messwertanzeige am Relaisdisplay (Digitalwert und Balkenanzeige) kommen keine anzeigenden Messgeräte mehr zur Anwendung. Messwertumformer können ebenfalls entfallen. Sämtliche Störfälle (Störschriebe und Ereignislisten) werden dem Schutzverantwortlichen über das Wartungssystem Tech-LAN® gemeldet. In der Zentralen Lastverteilung laufen etwa 78.000 Meldungen bzw. ca. 13.000 Messwerte ein und ca. 10.000 Steuerbefehle sind ausführbar.

Schlussbetrachtung

Die im Jahre 1990 begonnene Einführung der digitalen Schutz- und Steuerungstechnik von den Firmen ABB, AEG, jetzt Schneider Electric, SIEMENS und EAW, jetzt Sprecher Automation sowie A. Eberle hat sich bewährt. Durch Baurichtlinien konnte eine weitest gehende Vereinheitlichung in den Anlagen erreicht werden, was sich bei der Inbetriebnahme, der Betriebsführung und Erweiterung als nützlich herausstellt.

Literatur

[1] Anforderungen an digitale Schutzeinrichtungen. VDE-FNN, Ausg. Januar 2015. https://www.vde.com/de/infocenter/seiten/details.aspx?eslshopitemid=ee1ab93b-4a42-4d7b-9ddb-359e0ca627b2

[2] Leitfaden zum Einsatz von Schutzsystemen in elektrischen Netzen. VDE-FNN / VEÖ. Ausg. September 2009 und Anhang für die Schweiz. VSE/AES. Ausgabe: 17.11.2011. http://www.vde.de/de/infocenter/seiten/details.aspx?eslshopitemid=0a2decea-9c27-4541-aa57-6b75845f7602 und http://www.strom.ch/uploads/media/Leitfaden_Schutzsysteme_Anhang_CH_01.pdf

[3] Hauschild, J.; Kretzschmar, G.; Krös, W.; Schossig, W.; Wolf, R.: Prüfstecksysteme für Schutzeinrichtungen. VDE Bezirksverein Dresden e.V., AK Hochspannungs- und AK Mittelspannungsschutz. Ausgabe 03/2007. http://www.vde.com/de/fg/ETG/Arbeitsgebiete/sua/Documents/Pruefstecksysteme.pdf

[4] Dokumentation für die Leittechnik von Schaltanlagen. Interessengemeinschaft Energieverteilung (IG EVU). www.igevu.de

[5] Schossig, W.; Schossig, T.: Netzschutztechnik. EW Medien und Kongresse GmbH, Frankfurt a.M. / VDE Verlag, Berlin, 5. Auflage 2016. www.walter-schossig.de

Heiko.Kraut@thueringer-energienetze.com
www.thueringer-energienetze.com

walter.schossig@pacw.org
www.walter-schossig.de

Heiko Kraut ist Fachgebietsleiter Leit- und Schutztechnik bei der TEN Thüringer Energienetze GmbH in Erfurt. Er ist Obmann des VDE-AK „Netzschutz“ des VDE Bezirksvereines Thüringen.

Walter Schossig kann auf eine über 40jährige Netzschutzpraxis zurückblicken. Er war Ing. für Netzschutz bei der Thüringer Energie AG. Hat im VDEW AA Relaisschutz und im DKE Normenausschuss K434 Messrelais und Schutzeinrichtungen mitgewirkt und heute noch aktiv im VDE AK Netzschutz. Er ist Autor der History-Serie in der PACW.